

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-33933

(P2002-33933A)

(43) 公開日 平成14年1月31日 (2002.1.31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト <sup>*</sup> (参考)
H 0 4 N 1/60		G 0 6 T 1/00	5 1 0 5 B 0 5 7
G 0 6 T 1/00	5 1 0	H 0 4 N 9/64	Z 5 C 0 6 6
H 0 4 N 1/46		1/40	D 5 C 0 7 7
9/64		1/46	Z 5 C 0 7 9

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2000-216947 (P2000-216947)

(22) 出願日 平成12年7月18日 (2000.7.18)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 二挺木 睦子

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

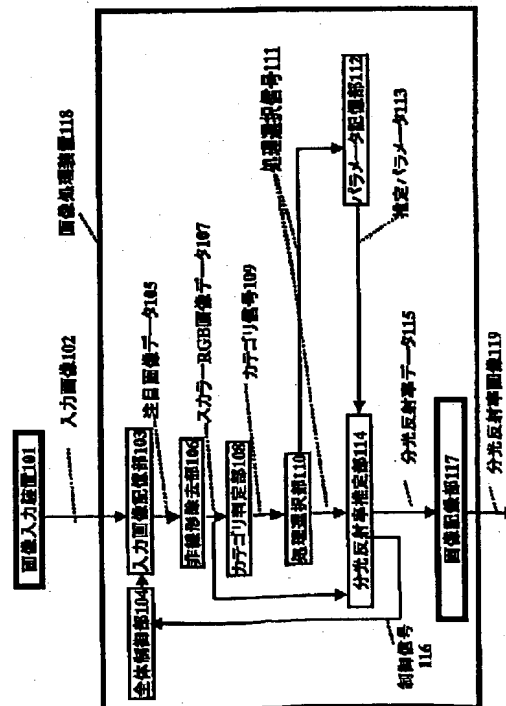
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置および画像処理方法

(57) 【要約】

【課題】 入力画像を装置あるいは装置および照明に依存しない色空間に高精度に変換する画像処理方法及び画像処理装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 画像入力装置から入力される画像の主な構成要素となる被写体の集合を複数設定し、各集合毎に装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定する手段と、画像入力装置から入力された画像データの各画素がどの集合に属するか、あるいは、いずれの被写体集合にも属さないのかを判定し、判定結果に基づいて推定手段を選択して装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定するものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像入力装置から入力された各画像信号が属する集合を決定する色集合決定手段と、前記色集合決定手段によって決定された集合毎に異なる色変換処理を選択する色変換処理選択手段と、前記色変換処理選択手段によって選択された色変換処理で注目画素の色を変換する色変換処理手段とを具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】 特定した被写体から成るデータを予め集合毎に学習しておき、入力された画像信号の各画素の色が学習したどの集合に属するかを判定し、集合毎に異なる色変換処理を施すことを特徴とする画像処理方法。

【請求項3】 前記色変換処理は、入力された画像信号を画像入力装置あるいは装置および照明に依存しない色データに変換することを特徴とする請求項2記載の画像処理方法。

【請求項4】 前記色変換処理は、入力された画像信号の各画素の色が前記集合のうちのいずれかに属す場合は、集合毎の統計的性質を用いた方法で色データを変換することを特徴とする請求項2または3記載の画像処理方法。

【請求項5】 集合毎の統計的性質を用いた色データへの変換は、重回帰分析を用いることを特徴とする請求項4記載の画像処理方法。

【請求項6】 集合毎の統計的性質を用いた色データへの変換は、ニューラルネットワークを用いることを特徴とする請求項4記載の画像処理方法。

【請求項7】 前記色変換処理は、入力された画像信号の各画素の色が前記集合のうちのいずれかに属す場合には、前記集合の統計的性質を用いて算出した色データと、統計的に無相関であるとして算出した色データを、前記集合に属する信頼度に応じて重み付けして色データに変換することを特徴とする請求項2から6のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項8】 各画素の色が属する集合の判定は、各集合の成す統計的性質への合致度により行うことを特徴とする請求項2から7のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項9】 前記統計的性質は、平均値であることを特徴とする請求項9記載の画像処理方法。

【請求項10】 前記統計的性質は、平均値およびマハラノビス距離であることを特徴とする請求項9記載の画像処理方法。

【請求項11】 各画素の色が属する集合の判定は、ある集合あるいは領域に属すると仮定した場合に得られる装置あるいは装置および照明に依存しない色データと、いずれの集合あるいは領域にも属しないと仮定した場合に得られる装置あるいは装置および照明に依存しない色データとの差異により行うことを特徴とする請求項2から7のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項12】 各画素の色が属する集合の判定は、二

ューラルネットワークにより行うことを特徴とする請求項2から7のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項13】 前記各集合において、集合からはずれる特異なデータを統計的性質から判定し、前記特異データを除去した適切な集合を用いることを特徴とする請求項2から12のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項14】 前記集合の分離可能度を統計的性質から算出し、分離可能度の高い集合を用いることを特徴とする請求項2から12のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項15】 前記分離可能度は、画像データ空間において各集合の成す部分空間の独立度であることを特徴とする請求項14記載の画像処理方法。

【請求項16】 前記分離可能度は、装置あるいは装置および照明に依存しない色空間において各集合の成す部分空間の独立度であることを特徴とする請求項14記載の画像処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像入力装置から入力されたカラー画像データを、装置あるいは装置および照明に依存しない色空間に、高精度に変換する画像処理装置および画像処理方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、カラー画像を処理する装置としてスキャナ、デジタルカメラ、プリンタ、ディスプレイ等さまざまなものが利用されている。これらの装置間で画像データを交換する手法に、入力装置から入力されたカラー画像データを、一度装置に依存しない独立な色空間に変換してから、出力装置に出力するカラー画像データに変換するものがある。

【0003】このように、画像入力装置の信号と装置に依存しない色空間との変換を確立しておけば、あらゆる画像出力装置にデータを渡すことができるため、入力装置と出力装置の組み合わせの数だけ色変換処理を決める必要がない。

【0004】また、画像入力装置から入力されたカラー画像データを装置だけでなく照明にも依存しない独立な色空間に変換しておけば、画像入力時の照明と異なる照明下の画像を出力装置から出力することもできる。

【0005】装置に依存しない独立な色空間としては、国際標準機関CIEが規定するXYZ三刺激値や、 $L^*a^*b^*$ 表色系、 $L^*u^*v^*$ 表色系、あるいはCAM97sなどのカラーアピランスモデルを用いることが一般的であるが、カラーアピランスモデルの属性値はXYZ三刺激値から算出されるため、画像入出力装置の信号からXYZ三刺激値を推定することができれば上記色変換が可能になる。

【0006】また、装置および照明に依存しない色空間としては、被写体の分光反射率を用いることが一般的である。分光反射率に所望の照明をかけ積分すれば、XYZ

三刺激値を算出することができる。

【0007】このように、各画像入出力装置の色空間から被写体のXYZ三刺激値あるいは分光反射率を推定することをキャラクタライゼーションと呼ぶ。

【0008】本発明は、デジタルカメラ、マルチスペクトルカメラ、スキャナをはじめとする画像入力装置のキャラクタライゼーションに関するものである。

【0009】従来の画像入力装置のキャラクタライゼーション技術には、例えば、特開平7-174631号公報記載の皮膚の測色方法及び分光反射スペクトルの推定方法、特開平11-85952号公報記載の色再現装置、特開平9-233490号公報記載の色シュミレー

$$\begin{aligned} R' &= -1.773 + 0.1369R + 0.0006568R^2 \\ G' &= -0.1946 + 0.09309G + 0.0008552G^2 \dots\dots\dots (1) \\ B' &= -0.2366 + 0.07422B + 0.001001B^2 \end{aligned}$$

【0013】次に、手順2002で、輝度線形信号から、少なくとも2次の項までを使用する重回帰行列によりXYZ三刺激値を算出する。最後に手順2003で、XYZ三刺激値から分光反射率を推定する。

【0014】手順2002における重回帰行列は、予め決定しておく必要がある。重回帰行列の決定を行うには、まず特定の被写体として、皮膚を画像入力装置で撮影しておきその画像データを得ると共に、測色計でも測色してXYZ三刺激値を求めておく。そして、画像データをXYZ三刺激値に変換する行列Mを、変換により推定されるXYZ三刺激値と測色計によって計測されたXYZ三刺激値との誤差が最小になるように決定する。このように予測値と実測値との誤差が最小となるように推定行列を決定することを重回帰分析といい、このようにして決定される推定行列を重回帰行列という。重回帰行列は、XYZ三刺激値ベクトルをT、画像データベクトルをIとおけば(数2)で表される。(数1)で、 $R_{TI}$ はTとIの相関行列を表している。

【0015】

$$\text{【数2】} \quad M = R_{TI} R_{II}^{-1} \dots\dots\dots (2)$$

【0016】また、手順2003における分光反射率の次元は、例えば400nmから700nmの可視光の範囲を10nmおきにサンプリングしても31次元とかなり大きく推定が困難であるため、主成分分析を行い、31次よりも低次元m次の基底で表現する手法を用いる。被写体である皮膚の分光反射率の第3主成分までの累積寄与率は99.5パーセントなので、m=3で十分であるため、XYZ三刺激値から基底の係数を一意に求めることができる。

【0017】このように従来のキャラクタライゼーション方法は、被写体を皮膚に限定し、皮膚の画像データと実測したXYZ三刺激値との重回帰分析により、画像デー

ション装置がある。

【0010】特開平7-174631号公報では、画像入力装置から入力された画像から皮膚の分光反射スペクトルを推定する方法を開示している。その手順を図20を用いて説明する。

【0011】まず、手順2001で入力された画像データRGBを、輝度に線形な信号に2次関数で変換する。前記公報記載の2次関数を(数1)に示す。(数1)は、無彩色の9階調の色票のXYZ三刺激値を測色しておき、そのY値である輝度に線形となるように決定されている。

【0012】

【数1】

タからXYZ三刺激値を推定する行列を決定している。従って、この行列では皮膚のXYZ三刺激値は高精度に推定できるが、皮膚以外のXYZ三刺激値は誤差が極めて大きい。

【0018】また、特開平11-85952号公報記載の色再現装置では、画像データからXYZ三刺激値を求める行列を次のようにして導いている。

【0019】まず、三刺激値Tと画像データベクトルIは、(数3)のように表すことができる。(数3)において、 $E_0$ は観察時の照明行列、 $X$ は等色関数を横ベクトルとした行列、 $f$ は分光反射率、 $E_s$ は撮影時の照明行列、 $S$ は画像入力装置分光感度を横ベクトルとした行列である。(数3)を重回帰行列(数2)に代入すると(数4)が得られる。この(数4)において、 $R_{ff}$ は、被写体の分光反射率の相関行列である。入力画像の主要な構成要素となる被写体の分光反射率の相関行列を予め算出しておき、(数4)の $R_{ff}$ に代入しておくことで、画像データからXYZ三刺激値を予測する行列(数4)を得ることができる。

【0020】

【数3】

$$\begin{aligned} T &= E_0 X f \\ I &= E_s S f \end{aligned} \dots\dots\dots (3)$$

【0021】

【数4】

$$M = E_0 X R_{ff}^{-1} E_s^{-1} (E_s S R_{ff}^{-1} E_s S)^{-1} \dots\dots\dots (4)$$

【0022】このように上記従来の画像入力装置のキャラクタライゼーション方法では、被写体を限定し、限定した被写体の分光反射率の相関行列を用いて、画像デー

タからXYZ三刺激値を推定する行列を決定している。従って、この行列により、限定被写体以外の画像データのXYZ三刺激値を推定すると誤差が極めて大きくなる。

【0023】また、特開平9-233490号公報記載の色シュミレーション装置では、画像入力装置から入力された画像を所望の光源下の色に変換してからディスプレイ上に出力する照明シュミレーションを開示している。

【0024】その手順を図21を用いて説明する。特開平7-174631号公報記載の方法と同様に、分光反射率を主成分分析し、31次よりも低次元 $m$ 次の基底で表現する。そして、手順2101で入力画像データから基底係数 $m$ 次ベクトルをニューラルネットワークで推定する。次に手順2102で、推定された $m$ 次ベクトルから分光反射率を算出する。得られた分光反射率に所望の光源ベクトルをかけてXYZ三刺激値とし、ディスプレイの色特性を用いてディスプレイ駆動信号に変換する。

【0025】ニューラルネットワークでは、学習データに類似した性質を持った入力データであれば、適切な分光反射率が推定されるが、学習データに類似していない入力データでは極めて誤差が大きくなる。そのため、ニューラルネットワークを使用した本従来例も、被写体を限定した場合に限り推定が可能な方法であるといえる。

【0026】

【発明が解決しようとする課題】上記従来方法では、いずれも被写体を1つに限定して、分光反射率を推定する行列あるいはニューラルネットワークを決定しておき、入力画像内の全ての画素を1つの行列あるいはニューラルネットワークで、XYZ三刺激値あるいは分光反射率を推定している。

【0027】しかし、実際に撮影する画像が限定した被写体のみから構成されていることは稀である。例えば、人間の上半身の画像を入力したとき、画像の多くの画素は皮膚であるため、予め被写体を皮膚に限定して入力画像データからXYZ三刺激値を推定する回帰行列を作成しておけば、皮膚のXYZ三刺激値は前記回帰行列により精度高く推定できるが、皮膚以外の部位、例えば、眼鏡や洋服、髪の毛などを前記回帰行列で推定すると誤差がかなり大きくなってしまおうという問題がある。

【0028】そこで、被写体を皮膚のみに限定せず、眼鏡、洋服なども含めたより多くの被写体から回帰行列を作成すると、皮膚以外の推定値は前記の皮膚のみによる回帰行列を用いた場合よりも精度が上がるものの、それほど高いとはいえず、一方、肝心の皮膚の推定誤差は前記回帰行列を用いた場合よりも大きくなってしまおう。これは、皮膚、眼鏡、洋服など統計的性質の異なる被写体をまとめたためである。

【0029】また、被写体を皮膚に限定した場合には、主成分分析により分光反射率の次元数を3次元にまで落とすことができたが、被写体を皮膚に限定せず、より多

くの被写体の分光反射率を主成分分析すると必要な次元は3次元を超える。例えば、ジャーナル オブ オプティカルソサイエティアメリカ Vol.13 No.10 1986 ページ 1673「エバリュエーション オブ リニア モデルズ オブサーフェイスイズ スペクトル リフレクタンス ウイズ スモール ナンバーズ オブ パラメータズ」には、任意の被写体の分光反射率を表現するには、最低6次元か、8次元程度が必要であるという事実が記載されている。そのため、バンド数が6から8より小さい画像入力装置では、被写体を任意とした場合に分光反射率を一意に算出することはできない。

【0030】このように、画像入力装置の画像データから被写体のXYZ三刺激値や分光反射率を高精度に算出する方法は未だ解決されない課題となっている。

【0031】本発明は、かかる点に鑑みてなされたもので、入力装置から入力されたカラー画像データを装置および照明に依存しない色空間に高精度に変換する画像処理方法を提供することを目的とする。

【0032】

【課題を解決するための手段】本発明は、画像入力装置から入力される画像の主な構成要素となる被写体の集合を複数設定し、各集合毎に装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定する手段を算出しておく。そして、画像入力装置から入力された画像データの各画素がどの集合に属するか、あるいは、いずれの被写体集合にも属さないのかを判定し、判定結果に基づいて推定手段を選択して装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定するようにしたものである。

【0033】このようにすることで、予め設定した被写体は極めて高精度に、設定以外の被写体についてもほぼ精度良く、入力画像データから装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定することができる。

【0034】また、前記従来例で被写体を表現するのに必要な基底の数が多くなるのは、多くの被写体をまとめて基底を算出しているためである。これに対し、本発明のように被写体を小分けにして集合としておき、各集合毎に基底を決定して推定を行うことにより、必要な基底の数が少なくなるため、少ないバンド数の画像入力装置でも装置あるいは装置および照明に依存しない色データを一意に推定することができる。

【0035】

【発明の実施の形態】請求項1に記載の発明は、画像入力装置から入力された各画像信号が属する集合を決定する色集合決定手段と、前記色集合決定手段によって決定された集合毎に異なる色変換処理を選択する色変換処理選択手段と、前記色変換処理選択手段によって選択された色変換処理で注目画素の色を変換する色変換処理手段とを具備したものであり、画像入力装置から入力された画像信号を高精度に色変換することができるという作用を有する。

【0036】請求項2に記載の発明は、特定した被写体から成るデータを予め集合毎に学習しておき、入力された画像信号の各画素の色が学習したどの集合に属するかを判定し、集合毎に異なる色変換処理を施すようにしたものであり、画像入力装置から入力された画像信号を高精度に色変換することができるという作用を有する。

【0037】請求項3に記載の発明は、請求項2記載の画像処理方法において、前記色変換処理は、入力された画像信号を装置あるいは装置および照明に依存しない色データに変換するようにしたものであり、画像入力装置から入力された画像信号を装置あるいは装置および照明に依存しない色空間に高精度に変換することができるという作用を有する。

【0038】請求項4に記載の発明は、請求項2または3記載の画像処理方法において、前記色変換処理は、入力された画像信号の各画素の色が前記集合のうちのいずれかに属する場合は、集合毎の統計的性質を用いた方法で色データに変換したものであり、集合に属する画像信号は高精度に、集合に属さない画像信号も適度な精度で、装置あるいは装置および照明に依存しない色空間に変換することができるという作用を有する。

【0039】請求項5に記載の発明は、請求項4記載の画像処理方法において、集合毎の統計的性質を用いた色データへの変換は、重回帰分析を用いることを特徴とするものであり、集合に属する画像信号を装置あるいは装置および照明に依存しない色空間に高精度に変換することができるという作用を有する。

【0040】請求項6に記載の発明は、請求項4記載の画像処理方法において、集合毎の統計的性質を用いた色データへの変換は、ニューラルネットワークを用いることを特徴とするものであり、集合に属する画像信号を装置あるいは装置および照明に依存しない色空間に高精度に変換することができるという作用を有する。

【0041】請求項7に記載の発明は、請求項2から6のいずれかに記載の画像処理方法において、前記色変換処理は、入力された画像信号の各画素の色が前記集合のうちのいずれかに属する場合には、前記集合の統計的性質を用いて算出した色データと、統計的に無関係であるとして算出した色データを、前記集合に属する信頼度に応じて重み付けして色データに変換するものであり、装置あるいは装置および照明に依存しない色データを出力装置用の画像に変換した際に、出力画像における偽輪郭を低減することができるという作用を有する。

【0042】請求項8に記載の発明は、請求項2から7のいずれかに記載の画像処理方法において、各画素の色が属する集合の判定は、各集合の成す統計的性質への合致度により行うものであり、各画素の所属する集合を判定することができるという作用を有する。

【0043】請求項9に記載の発明は、請求項8記載の画像処理方法において、前記統計的性質は、平均値であ

ることを特徴とするしたものであり、各画素の所属する集合を精度良く判定することができるという作用を有する。

【0044】請求項10に記載の発明は、請求項8記載の画像処理方法において、前記統計的性質は、平均値およびマハラノビス距離であることを特徴とするしたものであり、各画素の所属する集合を高精度に判定することができるという作用を有する。

【0045】請求項11に記載の発明は、請求項2から7のいずれかに記載の画像処理方法において、各画素の色が属する集合の判定は、ある集合に属すると仮定した場合に得られる装置あるいは装置および照明に依存しない色データと、いずれの集合にも属しないと仮定した場合に得られる装置あるいは装置および照明に依存しない色データとの差異により行うことを特徴とするものであり、各画素の所属する集合を高精度に判定することができるという作用を有する。

【0046】請求項12に記載の発明は、請求項2から7のいずれかに記載の画像処理方法において、各画素の色が属する集合の判定をニューラルネットワークにより行うことを特徴とするものであり、各画素の所属する集合を判定することができるという作用を有する。

【0047】請求項13に記載の発明は、請求項2から12のいずれかに記載の画像処理方法において、前記各集合において、集合からはずれる特異なデータを統計的性質から判定し、前記特異データを除去した適切な集合を用いることを特徴とするものであり、特異データを除去することで統計的性質が明確な集合とすることができるため、各画素の色が属する集合を高精度に判定することができるという作用を有する。

【0048】請求項14に記載の発明は、請求項2から12のいずれかに記載の画像処理方法において、前記集合間の分離可能性を統計的性質から算出し、分離可能性の高い集合を用いることを特徴とするものであり、各画素の色が属する集合を高精度に判定することができるという作用を有する。

【0049】請求項15に記載の発明は、請求項14記載の画像処理方法において、前記分離可能性は、画像データ空間において各集合の成す部分空間の独立度であることを特徴とするものであり、各画素の色が属する集合を高精度に判定することができるという作用を有する。

【0050】請求項16に記載の発明は、請求項14記載の画像処理方法において、前記分離可能性は、装置あるいは装置および照明に依存しない色空間において各集合の成す部分空間の独立度であることを特徴とするものであり、各画素の色が属する集合を高精度に判定することができるという作用を有する。

【0051】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0052】（実施の形態1）本発明は、画像入力装置

から入力される画像の主な構成要素となる被写体の集合を複数設定し、各集合毎に装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定する手段を算出しておく。そして、画像入力装置から入力された画像データの各画素がどの集合に属するか、あるいは、いずれの被写体集合にも属さないのかを判定し、判定結果に基づいて推定手段を選択して装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定することで、装置あるいは装置および照明に依存しない色データの高精度な推定を行うものである。

【0053】一般に、高精度に色データを推定するには、センサのバンド数を増やすことが考えられる。センサを増やす理由は、次の2点にある。第1に、被写体の分光反射率を表現するのに必要な基底の数が多い場合にも、カメラのバンド数をそれと同数にすることで、基底係数を一意に算出することができるようになる。

【0054】また、第2に、異なる分光反射率を持つ被写体が、画像入力装置の同一の信号値となってしまう可能性を減らす。これをセンサメタメリズムという。

【0055】しかし、マルチバンド化により、画像入力装置は高価なものとなるため、できるだけ少ないバンド数の画像入力装置で被写体のXYZ三刺激値や分光反射率を推定することが望ましい。被写体に必要な基底の数が多くなるのは、多くの被写体をまとめて基底を求めているためである。

【0056】これに対し、本発明では、被写体を小分けにカテゴリに分類しておき、各カテゴリ毎に色データを推定する。このようにすることで、少ないバンド数の画像入力装置でも被写体の高精度な推定が可能となり、上記第1の問題点はバンド数を増やさずとも解決できる可能性が高まる。

【0057】なお、上記第2の問題点であるセンサメタメリズムの減少は、それ相応のバンド数の増加が必要になるであろう。

【0058】そこで、本実施の形態では、最も一般的な画像入力系として、RGB3バンドの出力を持つデジタルカメラを想定し、RGB画像データから装置および照明に依存しないデータである被写体の分光反射率を推定する方法について説明する。また、説明を簡単にするために、カテゴリ数を2とした場合を取り上げる。

【0059】図1は、実施の形態1にかかる入力装置のRGB画像データから分光反射率画像データを推定する画像処理装置のブロック図である。

【0060】図1において、101はRGB3バンドの画像データを取得する画像入力装置、102は入力画像、103は入力画像102を記憶する入力画像記憶部、104は入力画像102の各画素の処理制御を行う全体制御部、105は全体制御部104の指示により入力画像記憶部103から読み出された各画素の画素値である注目画像データ、106は注目画像データ105か

ら非線形性を除去する非線形性除去部、107は非線形性除去部106によって得られる非線形性を除去した画像データであり、これを以降、スカラー画像データと呼ぶことにする。108はスカラー画像データ107が所属するカテゴリを判定するカテゴリ判定部、109はカテゴリ判定部108で判定されたカテゴリ信号、110はカテゴリ信号109に応じて分光反射率推定に用いるパラメータを読み出す指示となる処理選択信号111を出力する処理選択部、111は処理選択部110から出力される処理選択信号、112は予め算出された各カテゴリ毎の分光反射率推定パラメータを記憶しておくパラメータ記憶部、113は処理選択信号111の指示によってパラメータ記憶部から読み出された推定パラメータ、114は推定パラメータ113を用いて分光反射率推定を行う分光反射率推定部、115は推定された注目画像データの分光反射率データ、116は注目画像データ105の分光反射率推定が終了したことを指示する制御信号、117は分光反射率データを記録する画像記録部、118は画像処理装置、119は画像処理装置から出力される分光反射率画像である。

【0061】図1の画像処理装置の動作を説明する。画像入力装置101から入力された画像データ102は、入力画像記憶部103に記憶される。そして、全体制御部104の指示により、入力画像記憶部103から順次、画素値が非線形除去部106へ注目画像データ105として読み出される。非線形性除去部106では、注目画像データ105をスカラー画像データ107に変換する。

【0062】次に、スカラー画像データが既に記憶されている複数のカテゴリのうちいずれのカテゴリに属するか、あるいは、いずれのカテゴリにも属さないのかを判定し、判定結果をカテゴリ信号109として出力する。処理選択部110はカテゴリ信号109を受け、判定されたカテゴリ用の分光反射率推定パラメータをパラメータ記憶部112から読み出す。パラメータ記憶部112には、予め各カテゴリ用の分光反射率推定パラメータが格納されている。

【0063】分光反射率推定部114では、パラメータ記憶部112から読み出された推定パラメータ113を用いてスカラー画像データ107から分光反射率を推定する。得られた分光反射率データ115は画像記録部117に記録される。これら一連の処理が注目画像データ105に対して、終了すると、分光反射率推定部は処理の終了を意味する制御信号116を全体制御部104に出力する。全体制御部104では制御信号116を受けると、次の処理対象となる画像データを入力画像記憶部103から注目画像データ105として読み出す。以上を入力画像102の画素全体に対して繰り返す。

【0064】次に、非線形除去部106の詳細な動作の例を示しておく。

【0065】非線形性除去部106における処理は、例えば、マルチレイヤーパーセプトロンを用いて行うことができる。マルチレイヤーパーセプトロンは、ニューラルネットワークの一つで、ニューロンのパラメータである重みと閾値を予め学習しておき、その学習によって得られたパラメータを用いて推定を行う。ここで用いるマルチレイヤーパーセプトロンは、入力を画像データ、出力を画像データから非線形性が除去されたデータ、すなわち、スカラー画像データとするものである。

【0066】このようなマルチレイヤーパーセプトロンのパラメータ学習手順について図2を用いて説明する。手順201で複数の色から構成された色票の画像データと測色値を予め取得しておく。次に、手順202で前記色票の測色値から画像入力装置101の信号発生モデル

$$\begin{cases} R' = \int C_R(\lambda) S(\lambda) R(\lambda) d\lambda \\ G' = \int C_G(\lambda) S(\lambda) R(\lambda) d\lambda \\ B' = \int C_B(\lambda) S(\lambda) R(\lambda) d\lambda \end{cases}$$

【0069】(数5)の $R(\lambda)$ に色票の分光反射率を代入して得られる $R'$ 、 $G'$ 、 $B'$ が理想的な画像データとなる。

(数5)の信号発生モデルの説明図を図3に示す。図3において、301は信号発生モデルに代入する色票の分光反射率、302は既知の画像入力装置101の分光感度特性、303は画像データ102撮影時の照明特性、304は(数5)の信号発生モデル、305は色票の理

$$f_{\text{gauss}}(x) = \frac{1}{N} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\}$$

【0071】次に、以上のようにして学習された重みと閾値のニューラルネットワークによる推定手順を説明する。

【0072】非線形性除去部106において、学習済みのニューラルネットワークに注目画像データ105を入力する。これにより、ニューラルネットワークの出力にスカラー画像データ107が得られる。以上で、非線形性除去部106の動作説明を終える。

【0073】次に、本発明の特徴となるカテゴリ判定部108の動作の詳細について説明する。

【0074】特定した被写体から成るカテゴリは、図1における画像処理の動作前に予め設定しておく。カテゴリは、分光反射率を特に高精度に推定したいものを対象としておくとよい。例えば、色再現上重要であると考えられているものに、肌、草の緑などがあるので、カテゴリ1として人間の肌、カテゴリ2として草の緑というように設定する。

【0075】カテゴリを設定したら、各カテゴリ毎の統計的性質を算出しておく。カテゴリ毎の統計的性質の算出手順について図4を用いて説明する。

に、手順203で画像データ102を入力データとし、理想的な画像データを教師データとして重みと閾値を学習する。

【0067】手順202における理想的な画像データの算出方法について詳細を説明する。理想的な画像データは画像入力装置101の信号発生モデルに色票の測色値を代入することで求めることができる。信号発生モデルは、被写体の分光反射率 $R(\lambda)$ と照明の分光分布 $S(\lambda)$ と画像入力装置101のRGB3バンドの分光感度 $C_R(\lambda)$ 、 $C_G(\lambda)$ 、 $C_B(\lambda)$ を用いて、(数5)で書くことができる。画像入力装置101の分光感度と照明の分光分布は既知とする。

【0068】

【数5】

..... (5)

想画像データである。図3に示すように、信号発生モデルすなわち(数6)に、画像入力装置101の分光感度特性302、及び、照明特性303、及び、被写体の分光反射率301を与えることにより、被写体の理想画像データ305が得られる。

【0070】

【数6】

..... (6)

【0076】手順401で、カテゴリに属する被写体の複数の画像データを取得する。例えば、皮膚であれば、図5に示すように、肌を実際を入力してもよい、肌の反射率を分光的に再現した色票を入力してもよい。

【0077】手順402で、非線形除去部106と同様の処理で、画像データからスカラー画像データを算出しておく。手順403でスカラー画像データの平均値と分散を算出し、得られた平均値と分散をカテゴリの統計的性質として記憶する。

【0078】手順404で判定関数を作成する。判定関数について説明する。

【0079】まず、カテゴリに属するデータは手順402で得られた平均と分散で表現される正規分布に従っていると仮定する。正規分布の式を(数6)に示す。

【0080】(数6)において、 $N$ は $f_{\text{gauss}}(\mu)$ であり、 $f_{\text{gauss}}(\mu)$ のときに1となるように正規化するために導入した係数である。画像入力装置101が3バンドの場合、各バンド毎に(数6)を作成し $f_R(x)$ 、 $f_G(x)$ 、 $f_B(x)$ とし、それらの積を判定関数とし、(数7)で表す。

【0081】

【数7】

$$f(R', G', B') = f_R(R') f_G(G') f_B(B') \quad \text{..... (7)}$$

【0082】以上で、各カテゴリ毎に判定関数が得られる。

【0083】次に、上記手順で得られた判定関数を用いて行われるカテゴリ判定部108の動作手順を図6を用いて説明する。

【0084】手順601で、各カテゴリの判定関数(数7)にスカラーRGB画像データ(R', G', B')を代入して判定関数値を算出する。手順602で、判定関数値が最も大きいカテゴリをカテゴリ候補とする。手順603で、手順602で得られたカテゴリ候補が適正であるか判定する。入力されたスカラーRGB画像データ(R', G', B')が、候補カテゴリの平均値( $\mu_R$ ,  $\mu_G$ ,  $\mu_B$ )に近ければ、適正であると判定する。

【0085】手順603の具体的な計算手順について説明する。まず、R'の正規分布関数 $f_R(x)$ が、例えば80パーセントの信頼区間を示す値を上限閾値 $R_u$ 、20パーセント信頼区間を示す値を下限閾値 $R_l$ とする。このようにして、G', B'についても同様に、上限および下限の閾値を算出しておき、入力されたスカラーRGB画像データ(R', G', B')が閾値内にあれば、スカラー画像データは手順602で得られたカテゴリ候補に属すると判定され、閾値外であれば、いずれのカテゴリにも属しないと判定される。

【0086】以上のカテゴリ判定方法では、スカラー画像データの空間内で、R', G', B'それぞれの値が、カテゴリの示す平均値に近いかどうかだけで判定を行った。そのため、R', G', B'それぞれの相関関係は考慮されていない。R', G', B'の相関関係を考慮すれば、より高精度なカテゴリ判定ができる。

【0087】R', G', B'の相関関係も考慮したより高精度なカテゴリ判定方法として、上記の正規分布による判定に加え、マハラノビス距離による判定を加えた方法を説明する。

【0088】マハラノビス距離は、(数8)で定義される。(数8)において、 $\Sigma$ はスカラーRGB画像データの相関行列、 $\mu$ はスカラーRGB画像データの平均ベクトル、 $x$ は判定すべきスカラーRGB画像データベクトルである。

【0089】

【数8】

$$g(x) = (x - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu) \quad \text{..... (8)}$$

【0090】(数8)の $g(x)$ によれば、入力されたスカラーRGB画像データ $x$ のカテゴリからの距離は、相関行列 $\Sigma$ によって正規化されるため、R', G', B'相互の関係を考慮した判定値を得ることができる。しかし、平均値 $\mu$ を引いて、R', G', B'の各値の絶対的な情報を除去しているため、(数8)のみでカテゴリ判定を行うことはでき

ない。(数8)と(数7)を併用する必要がある。(数8)による判定と(数7)による判定の両方を加味した新しい判定値として(数9)の $h(x)$ を定義する。

【0091】

【数9】

$$h(x) = \frac{f(x)}{g(x)} \quad \text{..... (9)}$$

【0092】(数9)において、 $x$ は任意のスカラーRGB画像データベクトルであり、 $f(x)$ は(数7)の $f(R', G', B')$ を意味する。(数7)の $f(x)$ は値が大きいほど、一方、(数8)のマハラノビス距離 $g(x)$ は値が小さいほどカテゴリに属する可能性が高いため、(数9)の $h(x)$ は値が大きいほどカテゴリに属する可能性が高く、(数8)と(数9)の両方の判定基準を考慮した値となっている。

【0093】以上の説明における判定関数 $h(x)$ を用いて行われるカテゴリ判定部108の動作手順を図7を用いて説明する。

【0094】手順701で、各カテゴリの判定関数 $h(x)$ (数9)にスカラーRGB画像データ(R', G', B')を代入して判定関数値を算出する。手順702で、判定関数値が最も大きいカテゴリをカテゴリ候補として得る。手順703で、手順603と同様の閾値判定を行う。すなわち入力されたスカラー画像データR', G', B'のそれぞれが、上限および下限の閾値内にあればスカラー画像データは手順702で得られたカテゴリ候補に属すると可能性があるとして判定され手順704へ進む。閾値外であれば、いずれのカテゴリにも属しないと判定される。

【0095】次に、手順704で、カテゴリ候補の適正度をマハラノビス距離で判定する。一般に、 $x$ が $m$ 次の正規分布に従うときマハラノビス距離 $g(x)$ は自由度 $m$ の $\chi$ 二乗分布に従うことが知られている。そこで、自由度 $m$ の $\chi$ 二乗分布の分布関数において95パーセント信頼区間を示す値を $g_{thre}$ として予め求めておき、 $g(x)$ が $g_{thre}$ よりも小さければ、カテゴリ候補に属すると判定され、大きければ、いずれのカテゴリにも属しないと判定される。以上で、カテゴリ判定部108の動作説明を終える。

【0096】次に、本発明のもう一つの特徴となる処理選択部110、パラメータ記憶部112、分光反射率推定部114の動作の詳細について説明する。

【0097】本発明は、カテゴリ判定部108で判定されたカテゴリ毎に、分光反射率の推定行列が異なる点に特徴がある。

【0098】各カテゴリ毎の推定行列は、パラメータ記憶部112に予め格納されており、処理選択部110はカテゴリ判定部から判定されたカテゴリ信号109を受けると、パラメータ記憶部112に格納されている複数の推定行列のうち、判定されたカテゴリ用の行列を読み



出し、分光反射率推定部114に渡す。分光反射率推定部114は、指定された行列を用いて、スカラー画像データ107から被写体の分光反射率を推定する。

【0099】分光反射率の推定は、(数5)の左辺( $R'$ ,  $G'$ ,  $B'$ )にスカラー画像データ107を代入したときに分光反射率 $R(\lambda)$ を求めることで行う。

【0100】(数5)において、スカラー画像データと分光反射率は線形な関係にあるから、(数5)を離散的な行列表現に書きかえれば(数10)となる。

【0101】

【数10】

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (10)$$

【0102】(数10)の左辺はスカラー画像データ107、 $(R_1, R_2, \dots, R_n)^T$ は被写体の分光反射率の離散的表現であり、各成分は例えば、400nmから700nmの10nmおきの各波長における反射率を表す。行列Aは画像入力装置

$$\begin{cases} R' = \int C_R(\lambda) S(\lambda) (a \cdot O_1(\lambda) + b \cdot O_2(\lambda) + c \cdot O_3(\lambda)) d\lambda \\ G' = \int C_G(\lambda) S(\lambda) (a \cdot O_1(\lambda) + b \cdot O_2(\lambda) + c \cdot O_3(\lambda)) d\lambda \\ B' = \int C_B(\lambda) S(\lambda) (a \cdot O_1(\lambda) + b \cdot O_2(\lambda) + c \cdot O_3(\lambda)) d\lambda \end{cases} \quad \dots\dots\dots (11)$$

【0107】

【数12】

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = B \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (12)$$

【0108】基底関数としては、例えば、雑誌カラーリサーチアンドアプリケーション、ボリューム19、ナンバー1、1994年、ページ4から9のヴィーヘル著「メジャメント アンド アナリシス オブ オブジェクト リフレクタンス スペクトラ」記載のものをを用いることができる。この基底関数は、自然被写体、人工被写体の多くを計測して算出したものであるため、非常に汎用的な基底関数であるといえる。

【0109】あるいは、マクベスチャートの分光反射率を測定し、得られた分光反射率を主成分分析して、上位数成分の主成分ベクトルを基底関数として用いてもよい。

【0110】このようにして得られた(数12)は特に被写体を限定したものではなく、理想的には、あらゆる被写体で成り立つ。また、行列Bは正方行列であるため、一意な解を得ることができ、精度もあらゆる被写体でほぼ同程度のものとなる、しかし、基底関数が3次ですべての被写体を表すことはできないこと、被写体が完全拡散である仮定の上に成り立つ式であること、更にノ

101の分光感度と照明の分光分布によって決まる行列である。

【0103】(数10)を用いて、スカラー画像データ107から被写体の分光反射率 $R$ を推定する問題は線形逆問題であり、画像データが例えばRGB3バンドの場合、 $(R_1, R_2, \dots, R_n)^T$ は次元数が3よりも格段に大きく推定することが難しい。

【0104】この問題を解決する方法として、例えば、被写体の分光反射率を $n$ よりも低次の基底関数で表現する方法がある。この方法によれば、求めるべきデータの次元数を減らすことができる。

【0105】例えば、基底関数を3次元 $O_1(\lambda)$ ,  $O_2(\lambda)$ ,  $O_3(\lambda)$ とすれば、(数5)は(数11)に書き換えることができ、推定すべきデータは $(a, b, c)$ の3次のベクトルとなる。従って、(数10)は(数12)に書き換えることができる。(数12)において、行列Bは、画像入力装置101の分光感度と照明の分光分布と上記基底関数により決まる行列である。

【0106】

【数11】

イズが考慮されていないことから、高精度な推定は不可能である。

【0111】一方、被写体が限定されたときには、上記のように信号発生モデル(数5)を解くよりも、被写体に関する画像データと分光反射率データの統計的性質から推定を行う重回帰分析やニューラルネットワークの方が高精度な解が得られる。ただし、この場合は、限定した被写体については極めて高精度な推定が得られるものの、それ以外の被写体については誤差が極めて大きくなる。

【0112】そこで、本発明では、限定した被写体のカテゴリについては、重回帰分析やニューラルネットワークなどを用いて高精度な推定方法を予め用意しておく。そして、入力された画像内の各画素が限定した被写体のものであるかをカテゴリ判定部108で判定し、カテゴリに属すると判定されれば、前記重回帰分析やニューラルネットワークなどを用いたカテゴリ用の推定を行い、いずれのカテゴリにも属しないと判定されれば、(数12)による推定を行う。

【0113】本処理の説明図が図8に示す。図8では、カテゴリ判定部108によって判定されたカテゴリ信号109によって、用いる推定方法を変更する(手順801)。カテゴリ信号109がカテゴリ1、あるいはカテゴリ2であれば、重回帰分析あるいはニューラルネットワークによる被写体に特化した推定を行い(手順80

2、手順803)、いずれのカテゴリでもなければ、(数12)で推定を行う(手順804)。

【0114】このようにすることで、特定した被写体については、極めて高精度な推定が可能となり、それ以外の被写体についてもほぼ精度の良い解を得ることができる。

【0115】次に、カテゴリ毎の推定方法について説明する。

【0116】カテゴリ毎の推定方法には複数考えられるが、ここでは、重回帰分析による方法とニューラルネットワークによる方法の2種類について説明する。

【0117】まず、重回帰分析を用いた方法を図9を用いて説明する。

【0118】手順901で、カテゴリに属する被写体の複数の画像データを画像入力部から得ておき、また、測色計を用いて分光反射率データを得ておく。この様子を図5に示す。手順902で、非線形除去部106と同様の処理で画像データをスカラー画像データに変換する。手順903で、分光反射率データを基底係数に変換にする。基底関数は、(数12)と同じくヴィーヘルらのものを用いてもよいし、あるいは、カテゴリに属する複数の被写体の分光反射率を主成分分析して、上位成分の主成分ベクトルを用いてもよい。後者の場合は、基底関数も、カテゴリに特化したものとなるため、表現精度は高くなる。手順904で重回帰分析により画像データから分光反射率データの基底係数を推定する行列を作成する。

【0119】手順904の詳細を説明する。手順902で算出した複数のスカラー画像データを縦ベクトルとして、データ数分横に並べた行列をX、手順903で算出した分光反射率の基底係数を縦ベクトルとして、データ数分横に並べた行列をRとおくと、画像データから基底係数を推定する行列Mは(数13)で表される。(数13)において、 $R_{xx}$ は相関行列を表す。例えば $R_{xx}$ はTとXの相関行列であり、(数14)で定義される。

【0120】

$$\text{【数13】} \quad M = R_{xx}^{-1} R_{xx}^T \quad \dots\dots\dots (13)$$

【0121】

$$\text{【数14】} \quad R_{xx} = R X^T \quad \dots\dots\dots (14)$$

【0122】(数13)は推定される基底係数と、手順903で算出された基底係数との誤差が最小となるように決定された行列である。

【0123】以上の手順によって得られた行列Mを用いて、任意のスカラー画像データ $x = (R', G', B')^T$ から分光反射率の基底係数 $r = (a, b, c)^T$ を(数15)で推定する。

【0124】

$$\text{【数15】} \quad r = M x \quad \dots\dots\dots (15)$$

【0125】得られた基底係数から分光反射率を算出する。以上で、重回帰分析によるカテゴリ毎の推定行列の作成方法についての説明を終える。

【0126】ここで、カテゴリ毎の推定行列(数13)および(数15)と、いずれのカテゴリにも属しないと判定された場合に用いる推定行列(数12)の関係について説明しておく。

【0127】画像入力装置101の各バンドの感度を縦ベクトルとして並べた行列をC、基底関数を縦ベクトルとして並べた行列をPとおくと、画像入力装置101の信号発生モデルの(数5)は、(数16)のように書くことができる。ここで、Xは手順902で算出した複数のスカラー画像データを縦ベクトルとしてデータ数分横に並べた行列、Rは手順903で算出した分光反射率の基底係数を縦ベクトルとしてデータ数分横に並べた行列である。

【0128】

$$\text{【数16】} \quad X = C^T P R \quad \dots\dots\dots (16)$$

【0129】(数15)に、(数13)および(数16)を代入すると(数17)となる。

【0130】

$$\begin{aligned} \text{【数17】} \quad r &= R X^T (X X^T)^{-1} x \\ &= R R^T P C (C^T P R R^T P C)^{-1} x \\ &= R_{xx} P^T C (C^T P R_{xx} P^T C)^{-1} x \quad \dots\dots\dots (17) \end{aligned}$$

【0131】(数17)において、被写体を限定しないと、分光反射率の基底係数の相関行列 $R_{xx}$ は単位行列であるとみなせるので、(数18)となる。(数18)において+はムーアペンローズの一般逆行列を意味する。基底関数を画像入力装置のバンド数を同じ3次まで用いることにすれば、 $P^T C$ は対称行列となるから、通常の逆行列で解くことができる。

【0132】

$$\begin{aligned} \text{【数18】} \quad r &= P^T C (C^T P P^T C)^{-1} x \\ &= (P^T C)^+ x \quad \dots\dots\dots (18) \end{aligned}$$

【0133】(数13)と(数12)で用いる基底関数が同じものであれば、(数18)は(数12)と等価になることに注意して欲しい。すなわち、カテゴリ毎の推定行列(数13)、(数15)において、基底係数の相関行列を単位行列とした場合が、(数12)の信号発生モデル解に相当するのである。

【0134】次に、カテゴリ毎の推定方法のもう1つの方法であるニューラルネットワークについて説明する。

【0135】まず、ニューラルネットワークの学習手順を図10を用いて説明する。手順1001で、カテゴリに属する複数の被写体の画像データを画像入力装置から得ておき、また、測色計を用いて分光反射率データを得

ておく。この様子を図5に示す。手順1002で非線形除去部106と同様の処理で画像データをスカラー画像データに変換する。手順1003で、分光反射率データを基底係数に変換にする。基底関数は、(数12)と同様にヴィーヘルらのものを用いてもよいし、あるいは、カテゴリに属する複数の被写体の分光反射率を主成分分析して、上位数成分の主成分ベクトルを用いてもよい。後者の場合、基底関数も、カテゴリに特化したものとなるため、表現精度は高くなる。

【0136】次に、手順1004でスカラー画像データから分光反射率の基底係数を推定するニューラルネットワークの閾値と重みの学習を行う。ニューラルネットワークは多層パーセプトロンとし、入力データを手順1002で算出したスカラー画像データ、教師データを手順1003で算出した基底係数として学習を行う。

【0137】以上の学習によって得られた閾値と重みを持つニューラルネットワークに、任意のスカラー画像データを入力すれば、出力として分光反射率基底係数が得られる。その後、得られた基底係数を分光反射率に変換する。

【0138】以上で図1の画像処理装置の各部の動作の説明を全て終える。

【0139】本画像処理装置がなるべく効率良く動作するためには、2つの重要な点がある。一つは、手順401や手順901、あるいは手順1001で取得するデータが1つのカテゴリを成すものとして適切かどうか、すなわち、カテゴリからはずれるような特異なデータが含まれていないか、もう一つは、カテゴリ同志が分離可能なものであるかどうかである。

【0140】そこで、まず、手順401、901、1001で取得するカテゴリ内のデータの特異性の判定方法について図11を用いて説明する。

【0141】まず、手順1101で、手順401あるいは901、1001で取得した画像データを非線形除去部106と同様の処理でスカラー画像データに変換する。手順1102で、得られたスカラー画像データの平均 $\mu$ と相関行列 $\Sigma$ を算出する。手順1103で、各スカラー画像データのマハラノビス距離 $g(x)$ を(数8)で求め、マハラノビス距離が閾値よりも大きいデータは特異であると判定する。このようにして、特異であると判定されたデータは、カテゴリ内のデータから除くようにすればよい。

【0142】手順1103で用いる閾値は、例えば、次のように求めておく。一般に、 $x$ が $m$ 次の正規分布に従うときマハラノビス距離 $g(x)$ は自由度 $m$ の $\chi^2$ 乗分布に従うことが知られている。そこで、自由度 $m$ の $\chi^2$ 乗分布の分布関数において95パーセント信頼区間を示す値を $g_{\text{thre}}$ として予めもとめておき、 $g(x)$ が $g_{\text{thre}}$ よりも大きければ、特異なデータであると判定する。

【0143】以上のデータの特異性の判定は、スカラー

RGB空間上で行ったが、全く同様の処理を分光反射率空間上で行うか、あるいは、分光反射率の基底係数空間上で行ってもよい。例えば、基底係数空間上で行う場合には、手順401、901、1001で取得した分光反射率データを、3次の基底係数に変換し、手順1102、1103のスカラー画像データの代わりに基底係数を用いて全く同じ処理を行えばよい。

【0144】ただし、これらの実験を行ったところ、スカラー画像データ空間上で判定された特異データは、(数13)および(数15)による推定結果の悪いデータと良く一致しているため、基底係数空間よりもスカラー画像データ空間の方が適切な判定を行うことができた。以上で、データの特異性判定についての説明を終える。

【0145】次に、もう一つの重要なポイントであるカテゴリ同志の分離可能性の判定方法について説明する。カテゴリとして十分に分離可能なものであるほど、正確なカテゴリ判定を行うことができる。例えば、色が似通ったものである、赤いバラと赤い色票を異なるカテゴリとして設定しても、それらの色を画像入力装置101が同一の信号値として捕らえてしまえば、分離することはできない。すなわち、分離可能性が低いといえる。

【0146】カテゴリの分離可能度は、スカラーRGB空間上で、各カテゴリのデータが群を成しているかどうかによって決まる。それを判定する基準は、次の3点になる。

【0147】「分離判定基準1」 カテゴリの閾値 $R_t$ と $R_u$ 、 $G_t$ と $G_u$ 、 $B_t$ と $B_u$ が成す区間が互いに交わっていないこと

「分離判定基準2」 各カテゴリのスカラー画像データを相関行列で主成分分析した結果、2次までの寄与率が高いこと

「分離判定基準3」 各カテゴリのスカラー画像データの2次までの主成分ベクトルが成す平面同志の角度がなるべく大きいこと

これら3つのうちの、どれもが満足されていればいるほど、カテゴリの分離可能性は高く、ひいては、カテゴリ判定を正確に行い、推定精度を向上させることができるようになる。

【0148】以上のカテゴリ分離可能度の算出を、スカラーRGB空間上で行う手順について図12を用いて説明する。

【0149】手順1201で、まず分離判定基準1である閾値 $R_t$ と $R_u$ 、 $G_t$ と $G_u$ 、 $B_t$ と $B_u$ がそれぞれ成す区間が互いのカテゴリで交わっていないかを判定する。次に、手順1202で各カテゴリ毎に画像データをスカラー画像データに変換する。手順1203で、各カテゴリ毎にスカラー画像データの相関行列を求め、相関行列を用いて主成分分析する。手順1204で、分離判定基準の2点目をチェックする。具体的には、各カテゴリ毎の主成分

分析の結果、(センサバンド数-1)次までの寄与率を算出する。寄与率が高ければ、カテゴリ分離可能性が高い。

【0150】次に、手順1205で、各カテゴリの最低固有値に対応する主成分ベクトルを求める。なぜなら、主成分ベクトルのうち、固有値が最も小さいものに対応する主成分ベクトルは、(センサバンド数-1)次までの主成分ベクトルが成す平面の法線ベクトルになっているからである。手順1206で、分離判定基準の3点目となる各カテゴリの法線ベクトル同志の成す角度を求める。各法線ベクトルを正規化しておけば、角度は、内積で求めることができる。角度が大きければ、分離可能性が高い。

【0151】以上の手順は、スカラーRGB空間上において行ったが、全く同じ操作を分光反射率空間か、あるいは分光反射率の基底係数空間で行っても良い。ただし、基底係数空間上で行う場合には、各カテゴリで用いる基底関数は当然同じものとしておく必要がある。

【0152】なお、分光反射率の基底係数空間で行う場合、手順1203で用いる相関行列は、(数17)にお

ける基底係数の相関行列 $R_{RR}$ と等価である。

【0153】図1の画像処理装置のシステム応用例を図13に示す。図13において、1301が画像入力装置101、1302が画像処理装置118、1303がディスプレイ、1304がプリンタである。画像入力装置1301で被写体1304の画像が入力され、画像処理装置1302内の処理により分光反射率画像119が出力される。分光反射率画像119はディスプレイ1303あるいはプリンタ1304に渡され、各装置の信号に変換されてからディスプレイ1303上に表示されたり、あるいは、プリンタ1304から出力される。分光反射率画像119から各装置への信号の変換は、ディスプレイ1302あるいはプリンタ1303の内部のCPUで行ってもよいし、あるいは、別途のパーソナルコンピュータなどの演算処理装置で行ってからディスプレイ1302あるいはプリンタ1303に渡してもよい。また、画像処理装置1302の処理をすべて、画像入力装置1301内部のCPUで行ってもよい。

【0154】このような図13のシステムでは、入力された画像を一度、装置あるいは装置および照明に依存し

$$r(x) = (1 - \text{weight}) \cdot r_{\text{category}}(x) - \text{weight} \cdot r_{\text{general}}(x) \quad \dots\dots\dots (21)$$

【0163】なお、本実施の形態では、RGB3バンドの画像入力部について説明を行っているが、フィルタをRGBだけでなく、より数多く増やした場合にも本手法を同様に適用することができる。また、画像入力部はデジタルカメラだけでなく、スキャナや、アナログ出力をデジタル化したデータとしてもよいし、更に動画の各画像に本処理を適用してもよい。

【0164】また、本発明は、図1における画像処理装

することで、被写体の本当の色をディスプレイやプリンタに出力することができるようになる。

【0155】この応用例のように、得られた分光反射率画像119をディスプレイやプリンタに出力して、人間が観察する場合には、各カテゴリの領域の境界で偽輪郭が生じることがある。これは、各画素毎にカテゴリ判定をして異なる方法で分光反射率を推定したことに因る。

【0156】このような問題を解決するためには、次のような方法をとればよい。

【0157】各画素があるカテゴリに属すると判定された場合には、これまで説明したように、カテゴリ用に用意された行列(数13)および(数15)、あるいはニューラルネットワークで分光反射率データを推定するが、別途、いずれのカテゴリでもない場合の推定方法(数12)でも分光反射率データを推定しておき、これら両推定方法によるデータをカテゴリに属する信頼度で重み付けした結果を、最終的な分光反射率データとすればよい。

【0158】カテゴリに属する信頼性は例えば、(数19)あるいは(数20)で算出する。(数19)において、 $f(x)$ は手順601で算出したカテゴリの判定関数値、 $g(x)$ は手順701で算出したマハラノビス距離、 $g_{\text{thre}}$ は手順704で使用したカイ二乗分布によるマハラノビス距離の閾値である。

【0159】

$$\text{【数19】} \quad \text{weight}(x) = 1 - f(x) \quad \dots\dots\dots (19)$$

【0160】

$$\text{【数20】} \quad \text{weight}(x) = \frac{g(x)}{g_{\text{thre}}} \quad \dots\dots\dots (20)$$

【0161】得られた重みにより、カテゴリ用に用意された行列(数13)、(数15)あるいはニューラルネットワークで推定した分光反射率データ $r_{\text{category}}(x)$ と、いずれのカテゴリでもない場合の(数12)による推定解 $r_{\text{general}}(x)$ を(数21)で融合し、得られた $r(x)$ を最終的な分光反射率データ115として画像記録部117に出力する。

【0162】

【数21】

置の動作をCDROMに記憶し、CDROMに記憶してあるプログラムをPC上のRAMにダウンロードし、PC上のCPUに色推定手段の処理を行わせるものである。または、画像入力装置内のROMに記憶しておき、画像入力装置内のCPUに前記手段の処理を行わせるものである。この場合には、画像入力装置から出力される画像データは、入力装置に固有の色空間表示ではなく、装置あるいは装置及び照明に依存しない色空間の画像データとなる

ため、従来のようにコンピュータ上に色推定手段をインストールする手間が省けるため、コンピュータや色変換に詳しくない一般ユーザーにも簡易に扱うことができるという利点を持つ。ただし、入力装置のRGB画像データの取得も、モードを変えることでできるようにしておく、従来装置との整合性もとれて良い。

【0165】 以上のように、本実施の形態によれば、画像入力装置から入力される画像の主な構成要素となる被写体の集合を複数設定し、各集合毎に装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定する手段を算出しておく。そして、画像入力装置から入力された画像データの各画素がどの集合に属するか、あるいは、いずれの被写体集合にも属さないのかを判定し、判定結果に基づいて推定手段を選択して装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定することで、高精度な推定を行うことができる。

【0166】 (実施の形態2) 実施の形態1では、各画素が属するカテゴリの判定を、カテゴリに属するデータの統計的な性質、例えば平均値やマハラノビス距離を用いて行った。それに対し、実施の形態2では、ある集合に属すると仮定した場合に変換される装置あるいは装置および照明に依存しない色と、いずれの集合にも属しないと仮定した場合に変換される装置あるいは装置および照明に依存しない色との差異から判定する方法を開示する。

【0167】 本発明の実施の形態2における画像処理装置のブロック図を図14に示す。例としてここでは、予め設定するカテゴリの数は2つとする。

【0168】 図14において、1401はRGB3バンドの画像データを取得する画像入力装置、1402は入力画像、1403は入力画像1402を記憶する入力画像記憶部、1404は入力画像1402の各画素の処理制御を行う全体制御部、1405は全体制御部1404の指示により入力画像記憶部から読み出された各画素の画素値である注目画像データ、1406は注目画像データ1405から非線形性を除去する非線形性除去部、1407は非線形性除去部1406によって得られる非線形性を除去した画像データであり、これを以降、スカラー画像データと呼ぶことにする。1408は予め算出された各カテゴリ毎の分光反射率推定パラメータを記憶しておくパラメータ記憶部、1409はパラメータ記憶部1408から読み出された分光反射率推定時に用いる推定パラメータ、1410は推定パラメータ1409を用いて分光反射率推定を行う分光反射率推定部であり、ここでは、注目画像データ1405がカテゴリ1、カテゴリ2、あるいはカテゴリ1、2のいずれにも属しないとそれぞれ仮定して3通りの分光反射率データを推定する。1411、1412、1413はいずれも分光反射率推定部1410で推定された分光反射率データであり、1411は注目画像データ105がカテゴリ1に属

すると仮定して推定を行った場合に得られる分光反射率データ、1412は注目画像データ105がカテゴリ2に属すると仮定して推定を行った場合に得られる分光反射率データ、1413は注目画像データ105がカテゴリ1、2いずれのカテゴリにも属しないと仮定して推定を行った場合に得られる分光反射率データである。1414はスカラー画像データ1407が所属するカテゴリを判定し最終的な分光反射率データを決定するカテゴリ判定部、1415は推定された分光反射率データ、1416は注目画像データ1405の分光反射率推定が終了したことを支持する制御信号、1417は分光反射率データを記録する画像記録部、1418は画像処理装置、1419は画像処理装置1418から出力される分光反射率画像である。

【0169】 図14の画像処理装置の動作を説明する。

【0170】 画像入力部1401から入力された画像1402は、入力画像記憶部1403に記憶される。そして、全体制御部1404の指示により、入力画像記憶部1403から画素値が非線形除去部1406へ注目画像データ1405として順次読み出される。非線形性除去部1406では、注目画像データ1405をスカラー画像データ1407に変換する。

【0171】 次に、分光反射率推定部1410では、注目画像データ1405がカテゴリ1、カテゴリ2、あるいはカテゴリ1、2のいずれにも属しないとそれぞれ仮定して3通りの分光反射率データをスカラー画像データ1407から算出する。その際に用いる推定パラメータ1409は予めパラメータ記憶部1408に格納されているので、これを読み出して用いる。カテゴリ判定部1414は、得られた3通りの分光反射率データを用いて、注目画像データ1405が所属するカテゴリを判定し、最終的な分光反射率データを決定して、出力する。得られた分光反射率データ1415は画像記録部1417に記録される。

【0172】 これら一連の処理が注目画像データ1405に対して、終了すると、カテゴリ判定部1414は処理の終了を意味する制御信号1416を全体制御部1404に出力する。全体制御部1404では制御信号1416を受けると、次の処理対象となる画像データを入力画像記憶部1403から注目画像データ1405として読み出す。以上を入力画像1402の画素全体に対して繰り返す。

【0173】 図14のブロック図の各部の詳細な動作のうち、非線形除去部1406の動作は、実施の形態1における非線形除去部106の動作と全く同じである。

【0174】 分光反射率推定部1410の動作について説明する。実施の形態1の分光反射率推定部114では、すでに決定されたカテゴリに基づき、そのカテゴリ特化した推定方法で分光反射率データを推定していた。それに対し本実施の形態では、注目画像データがカテゴ

リ1に属する場合、カテゴリ2に属する場合、あるいは、いずれのカテゴリにも属さない場合の3種類を仮定して、これらすべての場合における分光反射率データを推定する点異なる。これらの具体的な推定方法は、実施の形態1に記述した方法と変わらない。

【0175】最後に、本発明の特徴となるカテゴリ判定部1414の動作の詳細について説明する。

【0176】カテゴリ1あるいは2に属すると仮定した場合に得られる分光反射率データは、重回帰分析やニューラルネットワークなどを用いて得られたものであり、このようにカテゴリ内のデータの統計情報を学習して推定を行った場合には、注目画像データ1405が本当にそのカテゴリに属しているならば、極めて良い推定結果が得られる。しかし、カテゴリに属していない場合には、極めて悪い推定結果が得られ、その差が顕著である。

【0177】一方、いずれのカテゴリにも属しないと仮定した場合に得られる分光反射率データは、被写体の分光反射率あるいはその基底係数の相関が無相関であるとして、すなわち、相関行列が単位行列であるとして推定を行っているため、任意のスカラー画像データにおいて精度が悪いわけではなく、極めて良いわけでもない、中程度の推定結果が得られる。

$$E1 = \sqrt{\sum_{i=1}^{20} (r_{category1}(i) - r_{general}(i))^2} \quad \dots\dots\dots (22)$$

【0181】カテゴリ2に属すると仮定して得られた分光反射率データ1411 $r_{category2}$ と、いずれのカテゴリにも属しないと仮定して得られた分光反射率データ1413 $r_{general}$ の二乗誤差E2も(数22)と全く同様にし

て求める。  
【0182】次に、手順1503で、E1とE2のどちらが小さいかを判定し、誤差が小さい方をカテゴリ候補とする。手順1504で、カテゴリ候補の誤差Eが、予め決められた閾値 $E_{Threshold}$ より小さいかを判定する。小さければ、カテゴリ候補を注目画像データ105が属するカテゴリとして決定し、閾値よりも大きければ、いずれのカテゴリにも属しないと決定する。手順1505で、分光反射率データ1411、1412、1413のうち、決定されたカテゴリに応じたデータを最終的な解1415として出力する。

【0183】以上で、実施の形態2のブロック図の動作の説明を終える。

【0184】本実施の形態でも、実施の形態1の図13と同様なシステム応用例を組むことができる。このように、図2の画像処理装置で得られた分光反射率画像をディスプレイやプリンタ信号に変換して、画像として観察する場合には、領域境界で偽輪郭が生じることがある。これは、各カテゴリ毎に異なる推定方法で推定しているために、データの差が偽輪郭となって現れるからであ

【0178】カテゴリ判定部1414では、これらの推定解の性質を用いてカテゴリの判定を行う。すなわち、各カテゴリに属すると仮定した場合に得られる分光反射率データと、いずれのカテゴリにも属しないと仮定した場合に得られる分光反射率データとの二乗誤差をそれぞれ求め、二乗誤差が小さい方のカテゴリに属すると判定する。

【0179】カテゴリ判定部1414における判定手順を図15にまとめる。手順1501で、カテゴリ判定部1414に注目画像データがカテゴリ1、カテゴリ2、あるいは、いずれのカテゴリにも属しないと仮定した場合の分光反射率データ1411、1412、1413が入力される。手順1502で、カテゴリ1に属すると仮定して得られた分光反射率データ1411 $r_{category1}$ と、いずれのカテゴリにも属しないと仮定して得られた分光反射率データ1413 $r_{general}$ の二乗誤差E1を(数22)で求める。(数22)において $r_{category1}(i)$ は波長 $i$ (nm)の分光反射率であり、(数22)の誤差算出では、例として400nmから700nmの間の誤差の和を用いている。

【0180】

【数22】

る。

【0185】このような問題を解決するに、各画素がカテゴリ1あるいは2に属すると判定された場合には、推定された分光反射率データ1411あるいは1412をそのまま用いるのではなく、各カテゴリの分光反射率データ1411あるいは1412と、いずれのカテゴリにも属しないと推定された分光反射率データ1413を、カテゴリに属する信頼度に応じて重み付けして、最終的な分光反射率データとすればよい。

【0186】カテゴリに属する信頼度は、例えば(数23)で算出する。(数23)において、 $E_{category}(x)$ は手順1502で算出した注目画像データ $x$ における所属カテゴリでの誤差であり、 $E_{Threshold}$ は手順1504で用いた閾値である。

【0187】

【数23】

$$weight(x) = \frac{E_{category}(x)}{E_{Threshold}} \quad \dots\dots\dots (23)$$

【0188】得られた重み $weight(x)$ により、判定されたカテゴリの場合の分光反射率データ $r_{category}(x)$ と、いずれのカテゴリでもない場合の分光反射率データ $r_{general}(x)$ を(数21)で融合し、得られた $r(x)$ を最終的な分光反射率データ1415として画像記録部1417に出力する。

【0189】以上のように、本実施の形態によれば、画像入力装置から入力される画像の主な構成要素となる被写体の集合を複数設定し、各集合毎に装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定する手段を算出しておく。そして、画像入力装置から入力された画像データの各画素が属する集合を、ある集合に属すると仮定した場合に変換される装置あるいは装置および照明に依存しない色と、いずれの集合にも属しないと仮定した場合に変換される装置あるいは装置および照明に依存しない色との差異から判定し、判定結果に基づいて装置あるいは装置および照明に依存しない色データを決定することで、高精度な推定を行うことができる。

【0190】（実施の形態3）本実施の形態の主要な構成要素は図1に示される実施の形態1と同一である。実施の形態1と異なるのは、カテゴリ判定部108の動作である。

【0191】実施の形態1では、各画素が属するカテゴリの判定を、カテゴリに属するデータの統計的な性質、例えば平均値やマハラノビス距離を用いて行った。それに対し、実施の形態3では、ニューラルネットワークにより所属するカテゴリを判定する。

【0192】実施の形態3におけるカテゴリ判定部108の詳細な動作を説明する。カテゴリ判定に用いるニューラルネットワークの重みや閾値といったパラメータは図1の画像処理装置の動作前に、予め学習により決定しておく必要がある。学習手順を図16を用いて説明する。例としてカテゴリ数が2つの場合について説明する。

【0193】手順1601で、まず、カテゴリ1、2に属する被写体の画像データと、いずれのカテゴリにも属さない画像データをできるだけ多く取得しておく。手順1602では、手順1601で取得した全画像データをスカラー画像データに変換する。手順1603で、すべてのスカラー画像データを入力データ、カテゴリの番号を教師データとしてニューラルネットワークで学習を行う。

【0194】図17に本実施の形態におけるニューラルネットワークの概念図を示す。入力データはスカラー画像データの3次、出力データはカテゴリ番号の1次のデータとなっている。

【0195】以上の手順により学習されたニューラルネットワークを用いて、カテゴリ判定部108は、非線形除去部106から注目画像データ105のスカラー画像データ107を受け取ると、カテゴリを推定し、カテゴリ信号109を出力する。

【0196】以上のように、本実施の形態によれば、画像入力装置から入力される画像の主な構成要素となる被写体の集合を複数設定し、各集合毎に装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定する手段を算出しておく。そして、画像入力装置から入力された画像デ

ータの各画素がどの被写体集合に属するかをニューラルネットワークで判定し、判定結果に基づいて推定手段を選択して装置あるいは装置および照明に依存しない色データを推定することで、高精度な推定を行うことができる。

【0197】（実施の形態4）実施の形態4では、実施の形態1から3のいずれかの画像処理装置を用いたシステム応用例として、画像入力装置をディスプレイの色温度を計測する装置として使用する例を示す。すなわち、カメラの被写体をディスプレイするのである。

【0198】ディスプレイの色温度を計測するには、専用の測色計を使うことが一般的である。しかし、測色計は高価であるため、一般のユーザーがその目的だけのために購入することは難しい。

【0199】そこで、本発明の画像処理装置によれば、デジタルカメラの画像信号からディスプレイのXYZ三刺激値を算出することができるので、測色計の代用とすることができる。

【0200】デジタルカメラと本発明の画像処理装置を、測色計の代用として、ディスプレイの色温度を計測するシステムとして構成した実施の形態について説明する。

【0201】図18はその構成図である。

【0202】図18において、1801はディスプレイ、1802は色温度を計測するディスプレイ上の色票であり、例えば、国際標準化機関CIEが出している文書122-1996「ザ リレーションシップ ビトウイン デジタル アンド カラリメトリック データ フォー コンピュータ コントロールド シーアールティーディスプレイ」では、グレーの階調と赤、青、緑の最大発光時のXYZ三刺激値があれば、ディスプレイをモデル化できるとしている。そのため、ディスプレイ上に表示する色票1802も、これらの色とすればよい。次に、1803はデジタルカメラ、1804は画像処理装置であり、実施の形態1から3のいずれかに説明した装置と同じものである。画像処理装置は例えば、パーソナルコンピュータのROM上に記憶しておき、その動作をパーソナルコンピュータ上のCPUで行う。

【0203】まず、図18のシステムが動作する前の準備として、設定しておくべきカテゴリについて説明する。

【0204】本実施の形態では、予め設定しておくカテゴリは、赤、青、緑、明るいグレー、暗いグレーの5つとしておく。暗いグレーとはディスプレイの駆動信号(0-255)が(50,50,50)以下のグレーを指し、明るいグレーはそれ以外とする。図19は、ディスプレイの場合におけるカテゴリ設定の説明図である。

【0205】そして、各カテゴリで推定に用いる回帰行列あるいはニューラルネットワークを決定するために、図9の手順901あるいは図10の手順1001で取得

するカテゴリ内の被写体は、ディスプレイの色温度を複数変更した際の各色とする。赤のカテゴリを例に挙げて説明すると、手順901あるいは手順1001で用いる被写体は、ディスプレイの色温度設定を4000Kから500K毎に9500Kまで順次変更した際の、ディスプレイの駆動信号を赤の最大発光(255,0,0)とした12色とするのである。他のカテゴリについても同様にして、カテゴリに属する被写体のデータを取得しておく。これらのデータをもとに、回帰行列あるいはニューラルネットワークを決定する手順は実施の形態1から3と変わらない。

【0206】次に、図18のシステムの動作を説明する。

【0207】デジタルカメラ1803は、ディスプレイ1801上の色票1802を撮影する。色票は複数あるため、これらを一度に撮影してもよいし、複数回に分けても良い。そして、得られた各色票1802の画像信号を得る。画像処理装置1804は、実施の形態1から3のいずれかの方法で、各色票の分光放射輝度を算出する。実施の形態1から3では、画像信号から分光反射率を算出しているが、ディスプレイのような発光物体では反射率という概念はなく、通常の反射物体でいう分光反射率に照明をかけた分光放射輝度がコンポーネントとなる。分光放射輝度を $R'(\lambda)$ とおくと、 $R'(\lambda)$ は分光反射率 $R(\lambda)$ と照明の分光分布 $S(\lambda)$ を用いて(数24)で表現できる。

【0208】

【数24】

$$R'(\lambda) = R(\lambda) \cdot S(\lambda) \quad \dots\dots\dots (24)$$

【0209】従って、(数24)を用いて(数5)を書き直せば(数25)となり、実施の形態1から3において分光反射率 $R(\lambda)$ の代わりに分光放射輝度 $R'(\lambda)$ を用いれば、全く同じ手順で分光放射輝度を得ることができる。分光反射率が照明および装置に依存しない色データであるのに対し、分光放射輝度は装置に依存しない色データである。

【0210】

【数25】

$$\begin{cases} R' = \int C_R(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \\ G' = \int C_G(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \\ B' = \int C_B(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \end{cases} \quad \dots\dots\dots (25)$$

【0211】画像処理装置は各色票の画像信号から、上記5つのカテゴリのうちのいずれに入るかを判定し、判定されたカテゴリにおける推定行列あるいはニューラルネットワークを用いて、分光放射輝度 $R'(\lambda)$ を推定する。得られた分光放射輝度を(数26)でXYZ三刺激値に変換する。(数26)において $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ は標準化機関CIEによって決められている等色関数である。

【0212】

【数26】

$$\begin{cases} X = \int x(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \\ Y = \int y(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \\ Z = \int z(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \end{cases} \quad \dots\dots\dots (26)$$

【0213】あるいは、各カテゴリにおける分光放射輝度の基底係数の推定を行ってからXYZ三刺激値に変換するのではなく、基底係数の代わりに直接、XYZ三刺激値を回帰行列で推定してもよい。このように、本発明は、分光反射率あるいは分光放射輝度を推定するだけでなく、XYZ三刺激値も全く同じ方法で高精度な推定が可能となる。

【0214】以上のように、本実施の形態によれば、画像入力装置から入力される画像の被写体をディスプレイとし、ディスプレイの色温度を計測することを目的とした場合、被写体の集合を赤、青、緑、明るいグレー、暗いグレーの5種類設定し、各集合毎に装置に依存しない色データである分光放射輝度を推定する手段を算出しておく。そして、画像入力装置から入力された画像データの各画素がどの被写体集合に属するかを判定し、判定結果に基づいて推定手段を選択して装置に依存しない色データである分光放射輝度を推定することで、ディスプレイの色温度を高精度に推定することができ、デジタルカメラを測色計の代用することができる。

【0215】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、画像入力装置から入力されたカラー画像データを高精度に装置あるいは装置および照明に依存しない色空間に高精度に変換する画像処理方法及び画像処理装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1にかかる画像処理装置のブロック図

【図2】実施の形態1にかかる非線形除去ニューラルネットワークの学習手順を示す図

【図3】実施の形態1にかかる信号発生モデルを示す図

【図4】実施の形態1にかかる判定関数 $f$ の算出手順を示す図

【図5】カテゴリの画像データと測色値の取得説明図

【図6】実施の形態1にかかる判定関数 $f$ を用いたカテゴリ判定手順を示す図

【図7】実施の形態1にかかる判定関数 $h$ を用いたカテゴリ判定手順を示す図

【図8】実施の形態1にかかるカテゴリ信号109による異なる推定手段の選択手順を示す図

【図9】実施の形態1にかかるカテゴリの推定行列作成手順を示す図

【図10】実施の形態1にかかるカテゴリ推定用ニュー



ラルネットワーク学習手順を示す図

【図11】実施の形態1にかかるカテゴリ内データの特異性判定手順を示す図

【図12】実施の形態1にかかるカテゴリ分離可能度算出手順を示す図

【図13】画像処理装置のシステム応用例を示す構成図

【図14】本発明の実施の形態2にかかる画像処理装置のブロック図

【図15】実施の形態2にかかるカテゴリ判定部1414の動作手順を示す図

【図16】本発明の実施の形態3にかかるカテゴリ判定用ニューラルネットワーク学習手順を示す図

【図17】実施の形態3にかかるカテゴリ判定用ニューラルネットワークを説明する図

【図18】本発明の実施の形態4にかかるディスプレイ測色計の代用応用例を示す図

【図19】実施の形態4にかかるディスプレイ測色計の代用応用例におけるカテゴリ設定を説明する図

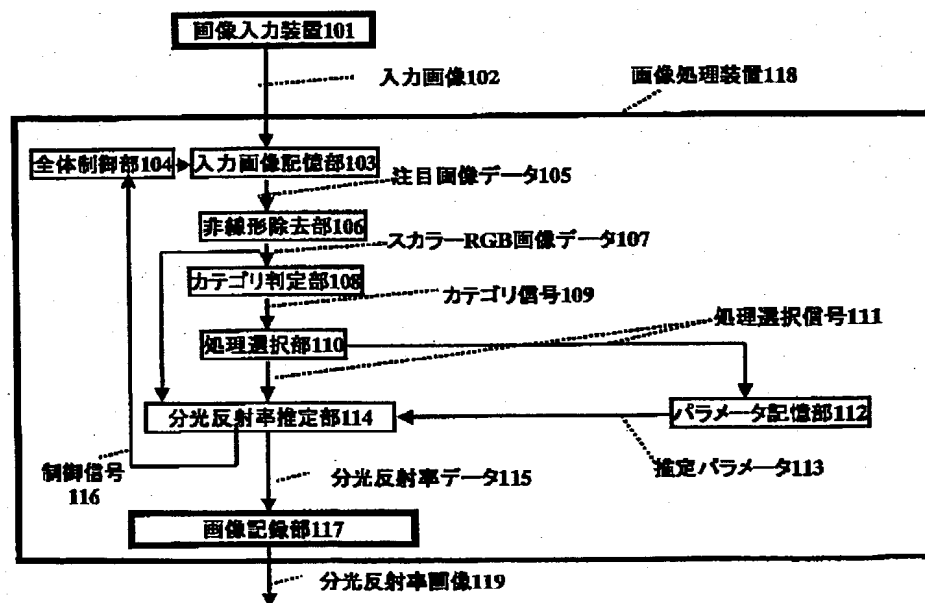
【図20】従来例1における画像処理手順を示す図

【図21】従来例2における画像処理手順を示す図

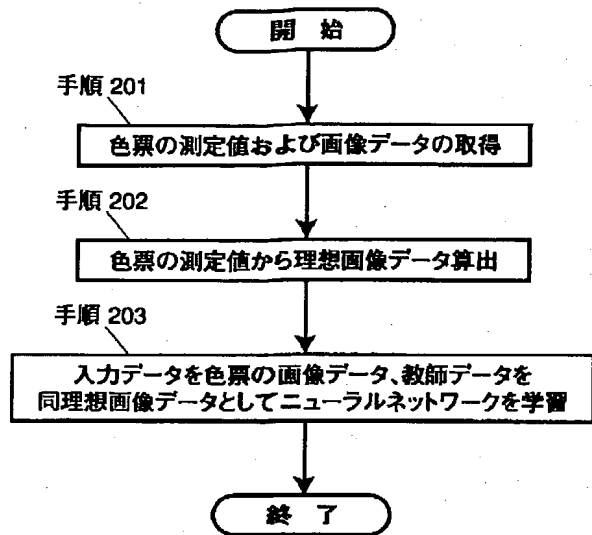
# 【符号の説明】

101	画像入力装置
102	入力画像
103	入力画像記憶部
104	全体制御部
105	注目画像データ
106	非線形除去部
107	スカラーRGB画像データ
108	カテゴリ判定部
109	カテゴリ信号
110	処理選択部
111	処理選択信号
112	パラメータ記憶部
113	推定パラメータ
114	分光反射率推定部
115	分光反射率データ
116	制御信号
117	画像記録部
118	画像処理装置
119	分光反射率画像

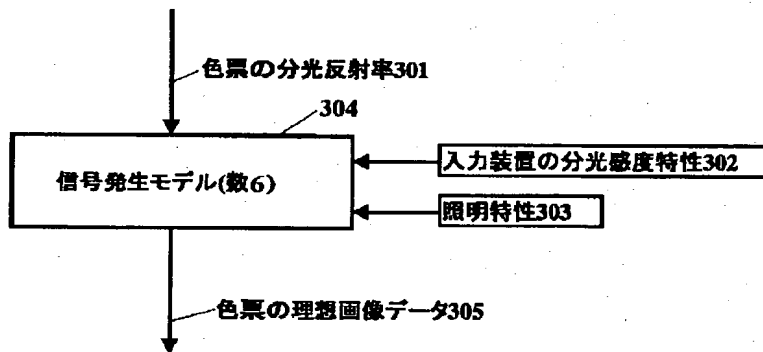
【図1】



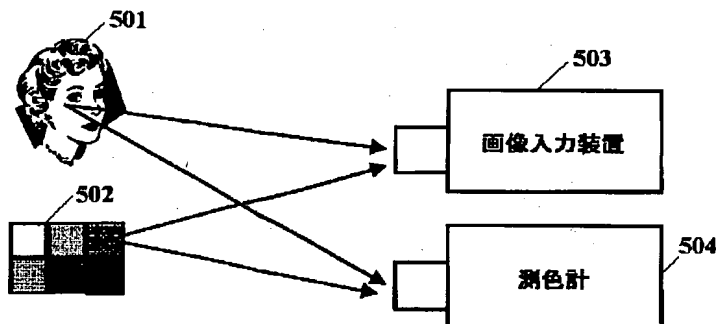
【図2】



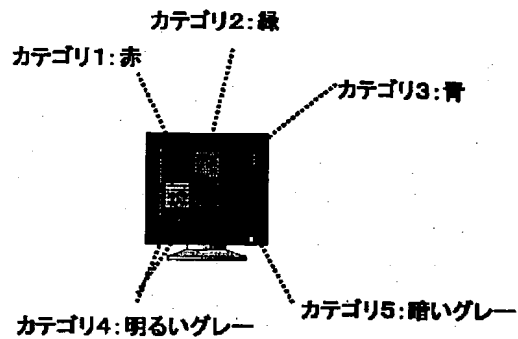
【図3】



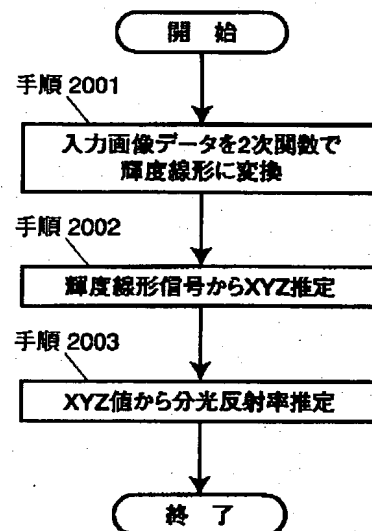
【図5】



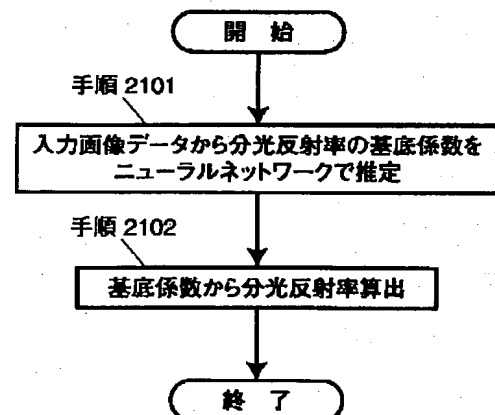
【図19】



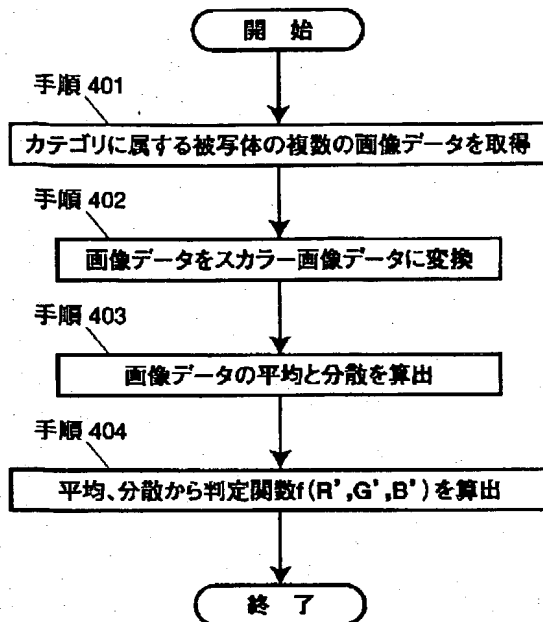
【図20】



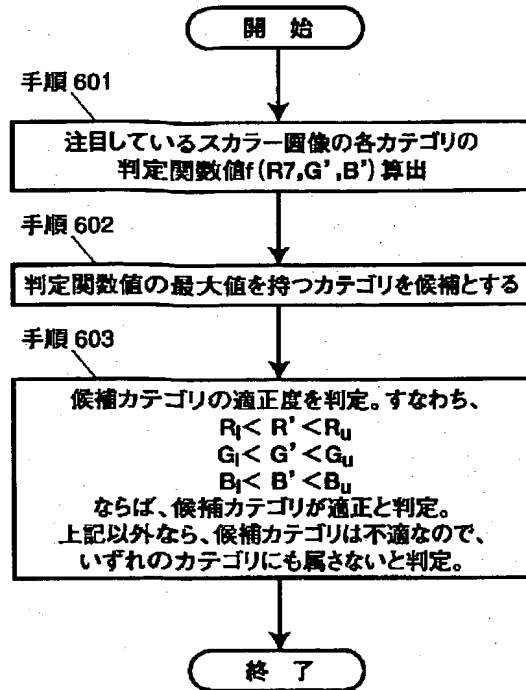
【図21】



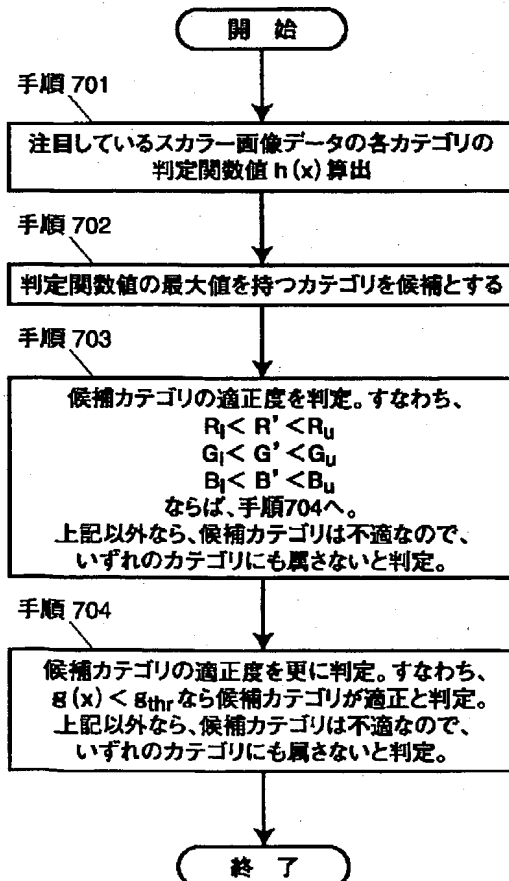
【図4】



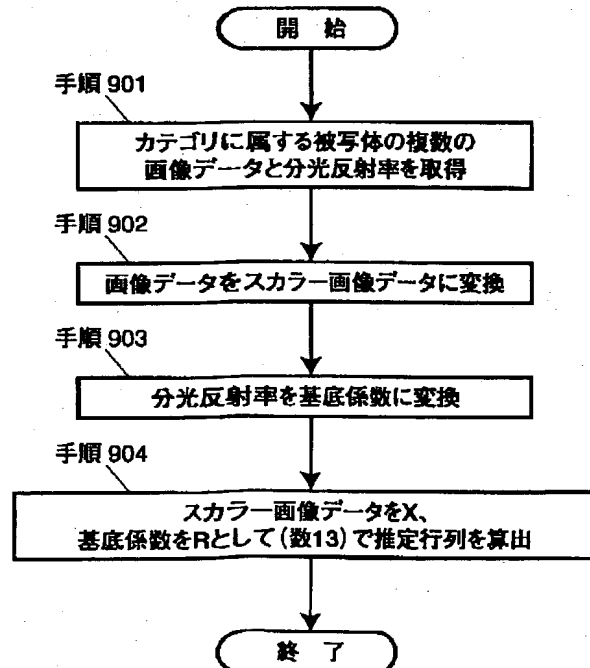
【図6】



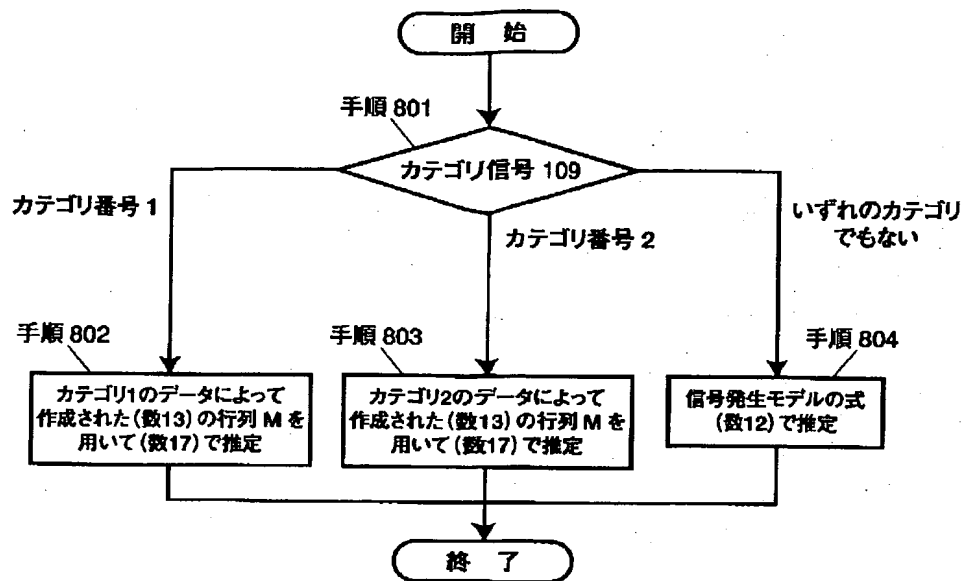
【図7】



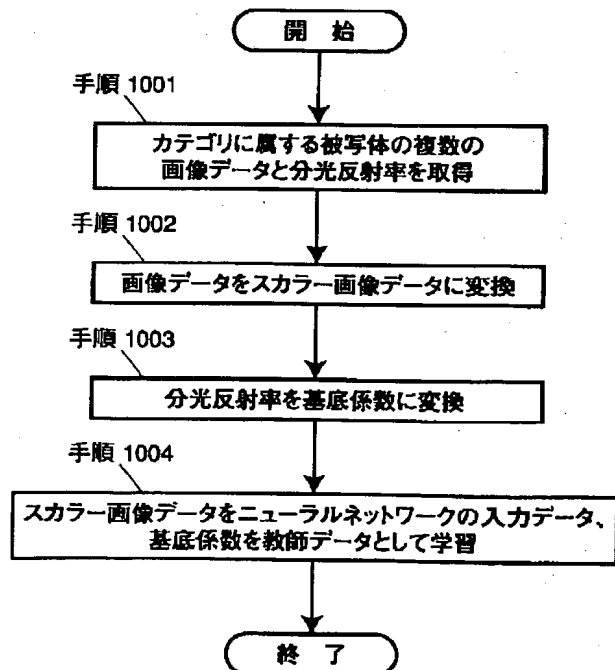
【図9】



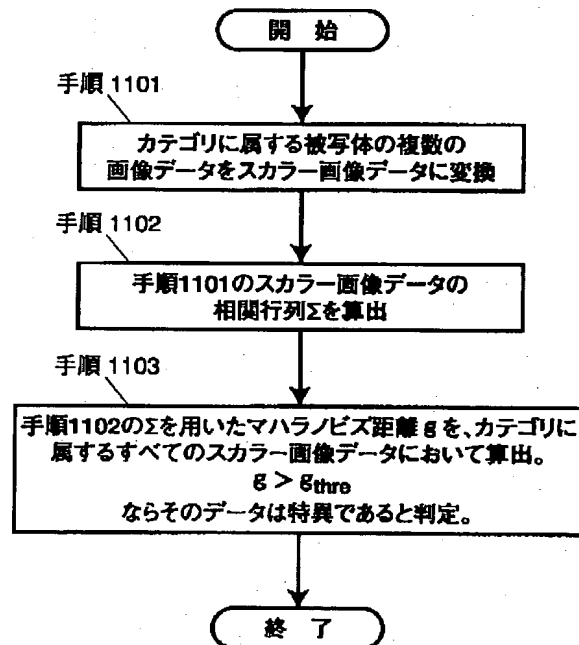
【図8】



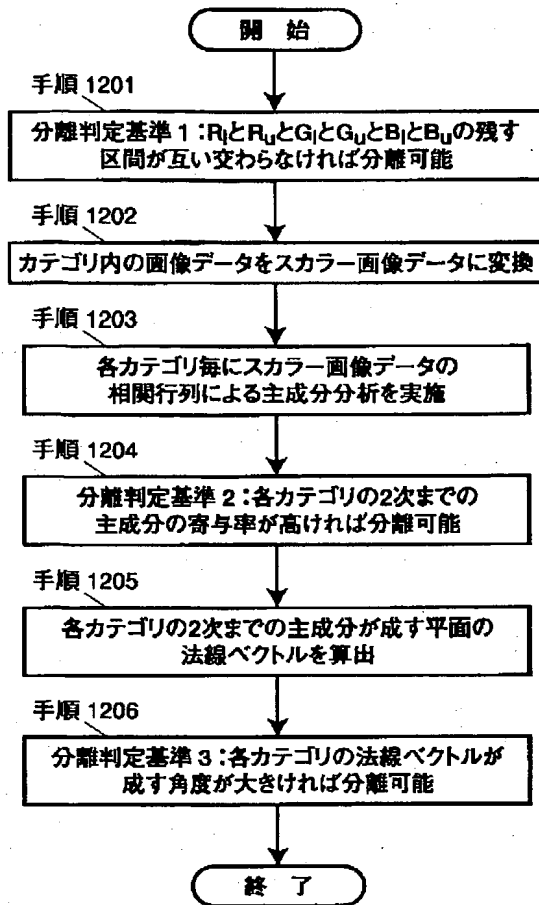
【図10】



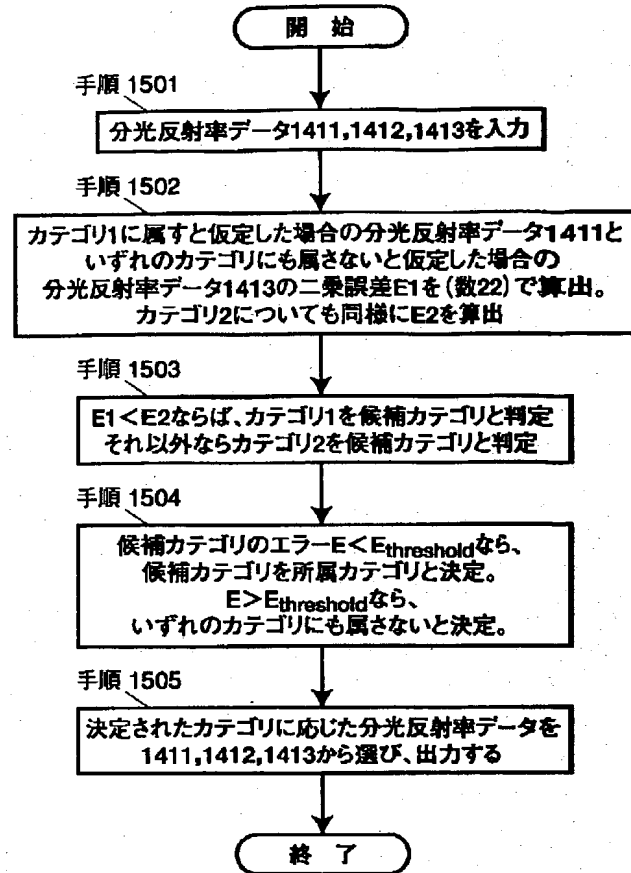
【図11】



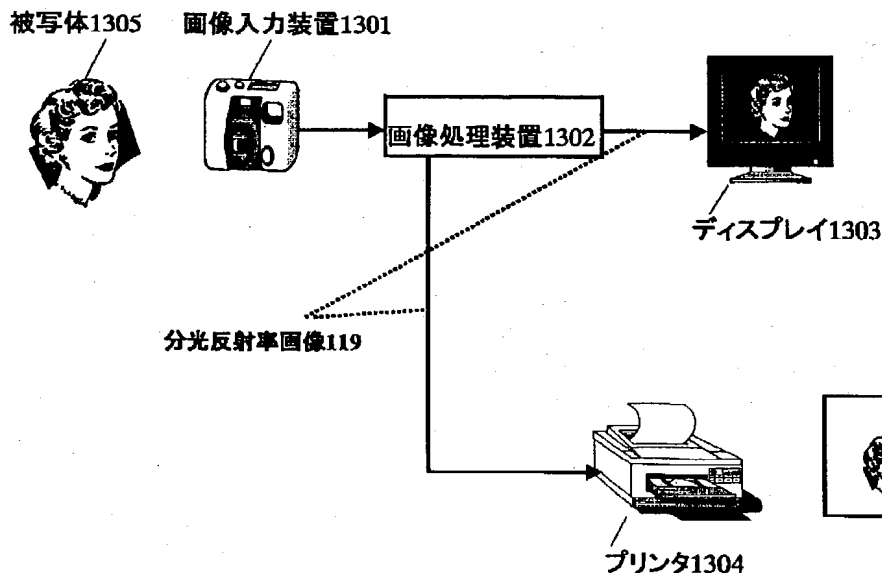
【図12】



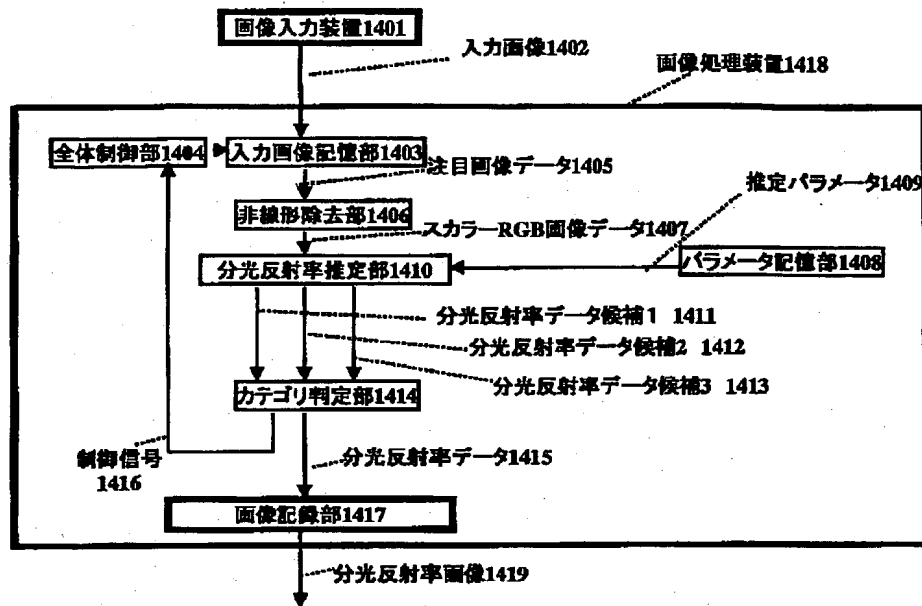
【図15】



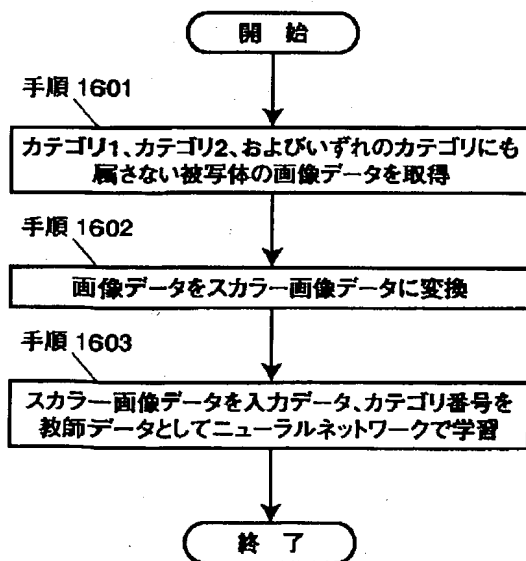
【図13】



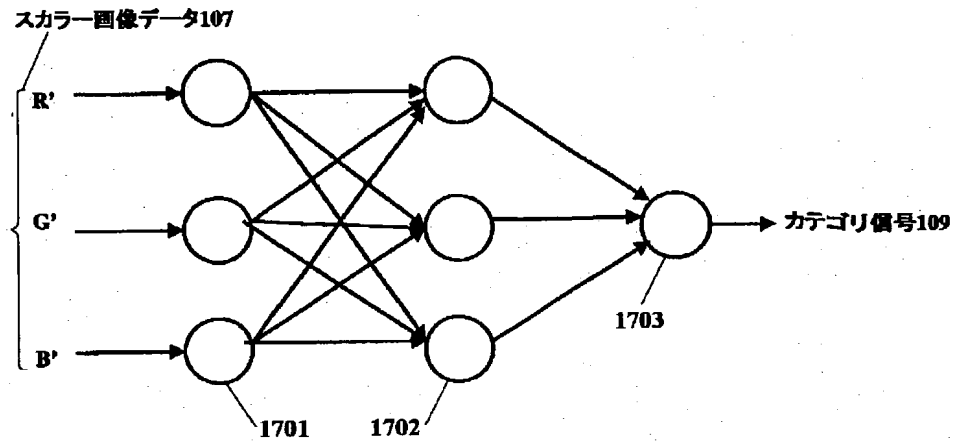
【図14】



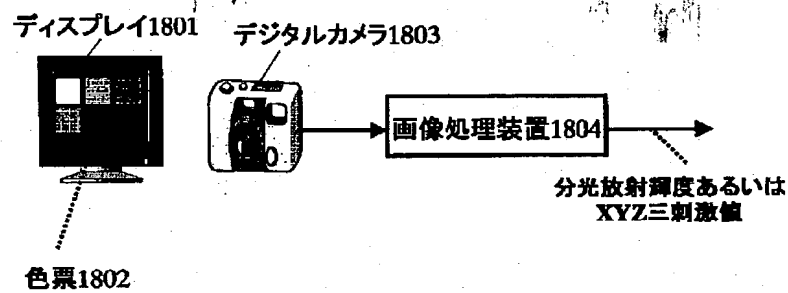
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5B057 AA11 BA02 CA01 CA08 CA12  
 CB01 CB08 CB12 CE17 CH18  
 DA08 DB02 DB06 DB09 DC25  
 5C066 AA11 BA20 CA03 CA25 DD06  
 FA02 GA01 HA03 KD02 KD06  
 KE16 KF05 KP02 LA02  
 5C077 MM27 MP08 PP27 PP31 PP32  
 PP36 PP37 PP43 PP46 PQ08  
 PQ15 PQ18 SS07 TT09  
 5C079 HB01 HB05 HB11 LA10 LA31  
 LB02 MA13 NA03 NA29

**This Page Blank (uspto)**



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-033933

(43)Date of publication of application : 31.01.2002

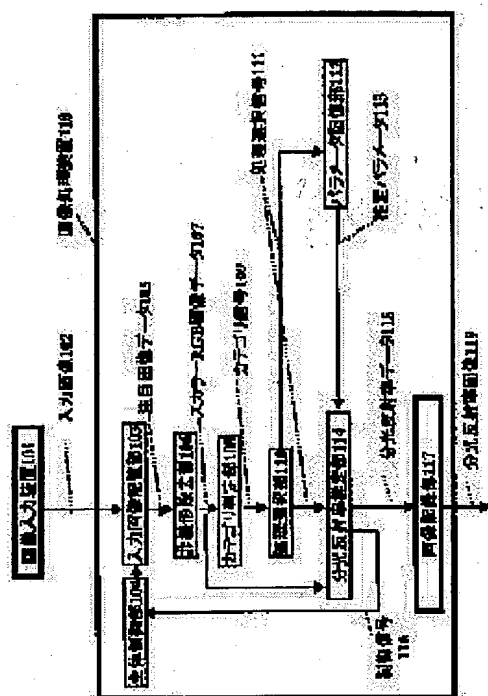
(21)Application number : 2000-216947

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 18.07.2000

(72)Inventor : NICHOGI MUTSUOKO

## (54) APPARATUS AND METHOD FOR IMAGE PROCESSING



## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an apparatus and a method, for image processing, where an image is converted with high accuracy into a color space which does not depend on a device or on the device and an illumination operation.

**SOLUTION:** A means where a plurality of sets of subjects as the main components of an image, which is input from an image input device are set and color data which does not depend on the device or on the device and the illumination operation, is estimated in each set is installed. To which every pixel of the image data to be input from the image input data belongs or whether the pixel does not belong to any set of subjects is judged, and the estimation means is selected on the basis of a judged result. The color data, which do not depend on the device or on the device and the illumination operation, are

estimated.

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

**This Page Blank (uspto)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The image processing system characterized by to provide a color set decision means determine the set to which each picture signal inputted from the picture input device belongs, a color transform-processing selection means choose different color transform processing for every set for which it opted with said color set decision means, and a color transform-processing means change the color of an attention pixel by color transform processing chosen by said color transform-processing selection means.

[Claim 2] The image-processing approach characterized by performing color transform processing which judges to which set that learns the data which consist of the specified photographic subject for every set beforehand, and the color of each pixel of the inputted picture signal learned it belongs, and is different for every set in it.

[Claim 3] Said color transform processing is the image-processing approach according to claim 2 characterized by changing the inputted picture signal into the color data independent of a picture input device or equipment, and lighting.

[Claim 4] Said color transform processing is the image-processing approach according to claim 2 or 3 characterized by changing color data by the approach which used the statistical property for every set when the color of each pixel of the inputted picture signal belongs to either of said sets.

[Claim 5] Conversion to the color data using the statistical property for every set is the image-processing approach according to claim 4 characterized by using a multiple regression analysis.

[Claim 6] Conversion to the color data using the statistical property for every set is the image-processing approach according to claim 4 characterized by using a neural network.

[Claim 7] Said color transform processing is the image-processing approach given in either of claims 2-6 characterized by to carry out weighting of the color data computed using the statistical property of said set, and the color data computed for not correlating statistically according to the reliability belonging to said set, and to change them into color data when the color of each pixel of the inputted picture signal belongs to either of said sets.

[Claim 8] The judgment of the set to which the color of each pixel belongs is the image-processing approach given in either of claims 2-7 characterized by carrying out by whenever [ to the statistical property which each set constitutes / agreement ].

[Claim 9] Said statistical property is the image-processing approach according to claim 9 characterized by being the average.

[Claim 10] Said statistical property is the image-processing approach according to claim 9 characterized by being an average value and the Mahalanobis distance.

[Claim 11] The judgment of the set to which the color of each pixel belongs is the image-processing approach given in either of claims 2-7 characterized by to carry out according to a difference with the color data independent of the equipment or the equipment, and the lighting which are obtained when it is assumed that it belongs, the color data independent of the equipment or the equipment, and the lighting which are obtained to a certain set or field a group, then when it assumes, and neither of the fields, a set nor a field.

[Claim 12] It is the image-processing approach given in either of claims 2-7 characterized by performing the judgment of the set to which the color of each pixel belongs by the neural network.

[Claim 13] claims 2-12 characterized by using the suitable set which judged the shifting unique

**This Page Blank (uspto)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

data from the statistical property, and removed said unique data from a set in said each set -- the image-processing approach given in either.

[Claim 14] The image-processing approach given in either of claims 2-12 characterized by computing whenever [ of said set / disengageable ] from a statistical property, and using a high set whenever disengageable.

[Claim 15] Whenever [ said / disengageable ] is the image-processing approach according to claim 14 characterized by being whenever [ of the subspace which each set accomplishes in image data space ] independent.

[Claim 16] Whenever [ said / disengageable ] is the image-processing approach according to claim 14 characterized by being whenever [ of the subspace which each set accomplishes in the color space independent of equipment or equipment, and lighting ] independent.

---

[Translation done.]

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the image processing system changed into high degree of accuracy in the color space which does not depend on equipment or equipment, and lighting for the color picture data inputted from the picture input device, and the image-processing approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, various things, such as a scanner, a digital camera, a printer, and a display, are used as equipment which processes a color picture. After changing the color picture data inputted from the input device into the independent color space for which it does not depend on equipment once, some which are changed into the color picture data outputted to an output unit are in the technique of exchanging image data among these equipments.

[0003] Thus, if conversion with the signal of a picture input device and the color space independent of equipment is established, since data can be passed to all image output units, only the number of the combination of an input unit and an output unit does not need to opt for color transform processing.

[0004] Moreover, if the color picture data inputted from the picture input device are changed into the independent color space not only independent of equipment but lighting, the image under the lighting at the time of an image input and different lighting can also be outputted from

**This Page Blank (uspto)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

an output unit.

[0005] Although it is common to use color appearance models, such as XYZ tristimulus values which the international-standards engine CIE specifies, and  $L^*a^*b^*$  color-coordinate-system,  $L^*u^*v^*$  color-coordinate-system, or CAM97s, as an independent color space independent of equipment, since the attribute value of a color appearance model is computed from XYZ tristimulus values, if XYZ tristimulus values can be presumed from the signal of an image I/O device, the above-mentioned color conversion will be attained.

[0006] Moreover, as a color space independent of equipment and lighting, it is common to use the spectral reflectance of a photographic subject. If it covers and integrates with desired lighting to a spectral reflectance, XYZ tristimulus values are computable.

[0007] Thus, it calls it character rye ZESHON to presume the XYZ tristimulus values or the spectral reflectance of a photographic subject from the color space of each image I/O device.

[0008] This invention relates to character rye ZESHON of picture input devices including a digital camera, a multi-spectrum camera, and a scanner.

[0009] There are the colorimetry approach of the skin given [ for example, ] in JP,7-174631,A and the presumed approach of a part light reflex spectrum, color reproduction equipment given in JP,11-85952,A, and color simulation equipment given in JP,9-233490,A in the character rye ZESHON technique of the conventional picture input device.

[0010] In JP,7-174631,A, the approach of presuming the part light reflex spectrum of the skin from the image inputted from the picture input device is indicated. The procedure is explained using drawing 20.

[0011] First, image data RGB inputted in the procedure 2001 is changed into a signal [ linearity / brightness ] with a secondary function. A secondary function given [ said ] in an official report is shown in (several 1). (Several 1) carries out the colorimetry of the XYZ tristimulus values of the color chart of 9 gradation of an achromatic color, and is determined that it will become linearity at the brightness which is the Y value.

[0012]

[Equation 1]

$$R' = -1.773 + 0.1369R + 0.0006568R^2$$

$$G' = -0.1946 + 0.09309G + 0.0008552G^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$B' = -0.2366 + 0.07422B + 0.001001B^2$$

[0013] Next, XYZ tristimulus values are computed according to the multiple-regression matrix which uses from a brightness linearity signal to the secondary [ at least ] term in a procedure 2002. Finally in a procedure 2003, a spectral reflectance is presumed from XYZ tristimulus values.

[0014] It is necessary to determine the multiple-regression matrix in a procedure 2002

**This Page Blank (uspto)**



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

beforehand. In order to determine a multiple-regression matrix, while photoing the skin by the picture input device as a specific photographic subject and obtaining the image data first, the colorimetry also of the colorimeter is carried out and XYZ tristimulus values are calculated. And the matrix M which changes image data into XYZ tristimulus values is determined that the error of the XYZ tristimulus values presumed by conversion and the XYZ tristimulus values measured by the colorimeter will become min. Thus, it is called multiple regression analysis to determine a presumed matrix that the error of a forecast and an actual measurement will serve as min, and the presumed matrix determined by doing in this way is called multiple-regression matrix. A multiple-regression matrix is expressed, if a XYZ tristimulus-values vector is set with T and it sets an image data vector with I (several 2). RTI expresses the matrix of correlation of T and I with (several 1).

[0015]

[Equation 2]

$$M = R_{TI} R_{II}^{-1} \dots\dots\dots (2)$$

[0016] moreover -- even if the dimension of the spectral reflectance in a procedure 2003 samples the range of the 400 to 700nm light at intervals of 10nm -- 31 dimensions -- becoming -- since it is large and presumption is difficult -- principal component analysis -- carrying out -- the 31st order -- low -- the technique expressed at the m-th \*\*\*\* base is used. Since the accumulation contribution to the 3rd principal component of the spectral reflectance of the skin which is a photographic subject is 99.5%, it can come out enough by m= 3, and, for a certain reason, the multiplier of the base can be uniquely calculated from XYZ tristimulus values.

[0017] Thus, the conventional character rye ZESHON approach limited the photographic subject to the skin, and has determined the matrix which presumes XYZ tristimulus values from image data by the multiple regression analysis of the image data of the skin, and the surveyed XYZ tristimulus values. Therefore, although the XYZ tristimulus values of the skin can be presumed to high degree of accuracy in this procession, XYZ tristimulus values other than the skin have a very large error.

[0018] Moreover, with color reproduction equipment given in JP,11-85952,A, the matrix which calculates XYZ tristimulus values is drawn as follows from image data.

[0019] First, tristimulus values T and the image data vector I can be expressed as shown in (several 3). In (several 3), the matrix which EO made color matching functions as the lighting matrix at the time of observation, and X made the row vector, and f are the matrices which a spectral reflectance and Em made picture-input-device spectral sensitivity as the lighting matrix at the time of photography, and S made the row vector. It will be obtained if (several 3) is substituted for a multiple-regression matrix (several 2) (several 4). this (several 4) -- setting, Rff is the matrix of correlation of the spectral reflectance of a photographic subject. The matrix (several 4) which predicts XYZ tristimulus values can be acquired from image data by computing beforehand the matrix of correlation of the spectral reflectance of the photographic subject used as the main components of an input image, and substituting for Rff of (several 4).

[0020]

[Equation 3]

**This Page Blank (uspto)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

$$\begin{cases} T = E_0 X f \\ \dots\dots\dots (3) \\ I = E_0 S f \end{cases}$$

[0021]

[Equation 4]

$$M = E_0 X R_f f E_m S (E_m S R_f f E_m S)^{-1} \dots\dots\dots (4)$$

[0022] Thus, by the character rye ZESHON approach of the above-mentioned conventional picture input device, the photographic subject was limited and the matrix which presumes XYZ tristimulus values from image data is determined using the matrix of correlation of the spectral reflectance of the limited photographic subject. Therefore, according to this matrix, if the XYZ tristimulus values of image data other than a limited photographic subject are presumed, an error will become very large.

[0023] Moreover, with color simulation equipment given in JP,9-233490,A, after changing into the color under the desired light source the image inputted from the picture input device, the lighting simulation outputted on a display is indicated.

[0024] The procedure is explained using drawing 21 . an approach given in JP,7-174631,A -- the same -- a spectral reflectance -- principal component analysis -- carrying out -- the 31st order -- low -- it expresses at the m-th \*\*\*\* base. and the procedure 2101 -- the base from input image data -- a m-th multiplier vector is presumed by the neural network. Next, in a procedure 2102, a spectral reflectance is computed from the m-th presumed vector. It considers as XYZ tristimulus values, applying a desired light source vector to the obtained spectral reflectance, and changes into a display driving signal using the color property of a display.

[0025] Although a suitable spectral reflectance will be presumed in a neural network if it is input data with a property similar to study data, an error becomes large extremely in the input data which is not similar to study data. Therefore, this conventional example which used the neural network is also restricted when a photographic subject is limited, and it can be referred to as being the approach of presuming.

[0026]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the above-mentioned conventional approach, each limited the photographic subject to one, the matrix or neural network who presumes a spectral reflectance was determined, and XYZ tristimulus values or a spectral reflectance is presumed for all the pixels in an input image by one matrix or the neural network.

[0027] However, it is rare to consist of only photographic subjects which the image photoed actually limited. if human being's recursion matrix which limits a photographic subject to the skin beforehand and presumes XYZ tristimulus values from input image data since many pixels of an image are the skins when the image of the upper half of the body is inputted is created -- the XYZ tristimulus values of the skin -- said recursion matrix -- precision, although it can presume highly When the hair of parts other than the skin, for example, glasses and clothes, and hair etc. is presumed in said recursion procession, there is a problem that an error will become quite large.

**This Page Blank (uspto)**

[0028] Then, if a photographic subject is not limited only to the skin but a recursion matrix is created from the photographic subject of many reliance including glasses, clothes, etc., although precision will go up estimate other than the skin rather than the case where the recursion matrix only by the aforementioned skin is used, it will not be able to say that it is so high, but, on the other hand, the presumed error of the important skin will become larger than the case where said recursion matrix is used. This is because photographic subjects with which statistical properties differ, such as the skin, glasses, and clothes, were packed.

[0029] Moreover, when a photographic subject was limited to the skin, principal component analysis was able to drop the number of dimension of a spectral reflectance even on the three dimension, but if a photographic subject is not limited to the skin but principal component analysis of the spectral reflectance of more photographic subjects is carried out, a required dimension will exceed a three dimension. for example, journal OBU optical -- society United States A Vol.3 No.10 1986 Page a 1673 "evaluation -- OBU linear MODERUZU OBUSAFEISUIZU spectrum reflectance [ ] -- the Wiz -- in order to express the spectral reflectance of the photographic subject of arbitration, at least six dimensions and the data that about eight dimensions are required is indicated by small numbers OBU PARAMETAZU." Therefore, in a picture input device with the number of bands smaller than 6 to 8, when a photographic subject is made into arbitration, a spectral reflectance cannot be computed uniquely.

[0030] Thus, the approach of computing XYZ tristimulus values and the spectral reflectance of a photographic subject to high degree of accuracy has been the technical problem which is not yet solved from the image data of a picture input device.

[0031] This invention was made in view of this point, and aims at offering the image-processing approach of changing into high degree of accuracy the color picture data inputted from the input device in the color space independent of equipment and lighting.

[0032]

[Means for Solving the Problem] This invention carries out the multi-statement of the set of the photographic subject used as the main components of the image inputted from a picture input device, and computes a means to presume the color data for which it does not depend on equipment or equipment, and lighting for every set. And it judges to which set each pixel of the image data inputted from the picture input device belongs, and whether it belongs to neither of the photographic subject sets, and the color data for which choose a presumed means based on a judgment result, and it does not depend on equipment or equipment, and lighting are presumed.

[0033] Extremely, the photographic subject beforehand set up by doing in this way is almost accurate for high degree of accuracy also about photographic subjects other than setting out, and can presume the color data for which it does not depend on equipment or equipment, and lighting from input image data.

[0034] Moreover, the number of the bases required in said conventional example to express a photographic subject increases, because the base is computed by packing many photographic subjects. On the other hand, since the number of the required bases decreases by making a photographic subject a subdivision like this invention, considering as the set, and presuming by determining the base for every set, the color data for which the picture input device of the small number of bands does not depend on equipment or equipment, and lighting, either can be presumed uniquely.

**This Page Blank (uspto)**

[0035]

[Embodiment of the Invention] A color set decision means to determine the set to which each picture signal into which invention according to claim 1 was inputted from the picture input device belongs, A color transform-processing selection means to choose different color transform processing for every set for which it opted with said color set decision means, A color transform-processing means to change the color of an attention pixel by color transform processing chosen by said color transform-processing selection means is provided, and it has an operation that color conversion of the picture signal inputted from the picture input device can be carried out at high degree of accuracy.

[0036] Invention according to claim 2 judges to which set that learns the data which consist of the specified photographic subject for every set beforehand, and the color of each pixel of the inputted picture signal learned it belongs, is made to perform different color transform processing for every set, and has an operation that color conversion of the picture signal inputted from the picture input device can be carried out at high degree of accuracy.

[0037] Invention according to claim 3 has an operation that said color transform processing is changed into the color data which do not depend on equipment or equipment, and lighting for the inputted picture signal, and the picture signal inputted from the picture input device can be changed into high degree of accuracy in the color space independent of equipment or equipment, and lighting, in the image-processing approach according to claim 2.

[0038] Invention according to claim 4 is set to the image-processing approach according to claim 2 or 3. Said color transform processing When the color of each pixel of the inputted picture signal belongs to either of said sets Changing into color data by the approach using the statistical property for every set, the picture signal belonging to a set has an operation of being convertible for the color space which the picture signal which does not belong to a set is also a moderate precision, and does not depend for it on equipment or equipment, and lighting at high degree of accuracy.

[0039] It has an operation that invention according to claim 5 can change into high degree of accuracy the picture signal which conversion to the color data using the statistical property for every set is characterized by using a multiple regression analysis in the image-processing approach according to claim 4, and belongs to a set in the color space independent of equipment or equipment, and lighting.

[0040] It has an operation that invention according to claim 6 can change into high degree of accuracy the picture signal which conversion to the color data using the statistical property for every set is characterized by using a neural network in the image-processing approach according to claim 4, and belongs to a set in the color space independent of equipment or equipment, and lighting.

[0041] Invention according to claim 7 is set to the image-processing approach given in either of claims 2-6. Said color transform processing When the color of each pixel of the inputted picture signal belongs to either of said sets The color data computed using the statistical property of said set, and the color data computed for not correlating statistically When weighting is carried out according to the reliability belonging to said set, it does not change into color data and the color data independent of equipment or equipment, and lighting are changed into the image for output units, it has an operation that the false contour in an output image can be reduced.

[0042] Whenever [ to the statistical property which each set constitutes / agreement ]

**This Page Blank (uspto)**



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

performs the judgment of the set to which, as for invention according to claim 8, the color of each pixel belongs in the image-processing approach given in either of claims 2-7, and it has an operation that the set to which each pixel belongs can be judged.

[0043] In the image-processing approach according to claim 8, invention according to claim 9 is characterized by said statistical property being the average, does it, and has an operation that the set to which each pixel belongs can be judged with a sufficient precision.

[0044] In the image-processing approach according to claim 8, invention according to claim 10 is characterized by said statistical properties being an average value and the Mahalanobis distance, does it, and has an operation that the set to which each pixel belongs can be judged to high degree of accuracy.

[0045] The judgment of the set to which, as for invention according to claim 11, the color of each pixel belongs in the image-processing approach given in either of claims 2-7 The color data independent of the equipment or equipment, and lighting which are obtained by a certain set a group, then when it assumes, It is characterized by carrying out according to a difference with the color data independent of the equipment or equipment, and lighting which are obtained when it is assumed that it belongs to neither of the sets, and has an operation that the set to which each pixel belongs can be judged to high degree of accuracy.

[0046] Invention according to claim 12 is characterized by judging the set to which the color of each pixel belongs to either of claims 2-7 in the image-processing approach of a publication by the neural network, and has an operation that the set to which each pixel belongs can be judged.

[0047] Invention according to claim 13 is set to the image-processing approach given in either of claims 2-12. In said each set, the unique data which shift from a set are judged from a statistical property. Since it can be characterized by using the suitable set which removed said unique data and can consider as the set with a clear statistical property by removing unique data, it has an operation that the set to which the color of each pixel belongs can be judged to high degree of accuracy.

[0048] In the image-processing approach given in either of claims 2-12, invention according to claim 14 computes whenever [ during said set / disengageable ] from a statistical property, is characterized by using a high set whenever disengageable, and has an operation that the set to which the color of each pixel belongs can be judged to high degree of accuracy.

[0049] It has an operation that invention according to claim 15 can judge the set to which whenever [ said / disengageable ] is characterized by being whenever [ of the subspace which each set accomplishes in image data space ] independent in the image-processing approach according to claim 14, and the color of each pixel belongs to high degree of accuracy.

[0050] It has an operation that invention according to claim 16 can judge the set to which whenever [ said / disengageable ] is characterized by being whenever [ of the subspace which each set accomplishes in the color space independent of equipment or equipment, and lighting ] independent in the image-processing approach according to claim 14, and the color of each pixel belongs to high degree of accuracy.

[0051] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to a drawing.

[0052] (Gestalt 1 of operation) This invention carries out the multi-statement of the set of the photographic subject used as the main components of the image inputted from a picture input device, and computes a means to presume the color data for which it does not depend on

**This Page Blank (uspto)**

equipment or equipment, and lighting for every set. And it judges to which set each pixel of the image data inputted from the picture input device belongs, and whether it belongs to neither of the photographic subject sets, and highly precise presumption of the color data independent of equipment or equipment, and lighting is performed by presuming the color data for which choose a presumed means based on a judgment result, and it does not depend on equipment or equipment, and lighting.

[0053] Generally, in order to presume color data to high degree of accuracy, it is possible to increase the number of bands of a sensor. It is [ of increasing a sensor ] reasonable in the following two points. making the number of bands of a camera into it and the same number, also when there are many bases required to express [ 1st ] the spectral reflectance of a photographic subject — the base — a multiplier can be uniquely computed now.

[0054] Moreover, possibility that the photographic subject which has a different spectral reflectance in the 2nd will become the same signal value of a picture input device is reduced. This is called sensor metamerism.

[0055] However, it is desirable to presume XYZ tristimulus values and the spectral reflectance of a photographic subject by the picture input device of the smallest possible number of bands by multi-band-ization, since a picture input device will become expensive. The number of the bases required for a photographic subject increases, because many photographic subjects are packed and the base is searched for.

[0056] On the other hand, according to this invention, the photographic subject is classified into the subdivision at the category, and color data are presumed for every category by it. By doing in this way, highly precise presuming [ of a photographic subject ] becomes possible also for the picture input device of the small number of bands, and possibility that the 1st trouble of the above does not increase the number of bands, but \*\* is also solvable increases.

[0057] In addition, probably, the increment in the number of bands with a reduction of the sensor metamerism which is the 2nd trouble of the above suitable for it is needed.

[0058] So, the gestalt of this operation explains how to presume the spectral reflectance of the photographic subject which is data for which it does not depend on equipment and lighting from RGB image data as most general image input system supposing a digital camera with the output of RGB3 band. Moreover, in order to simplify explanation, the case where the number of categories is set to 2 is taken up.

[0059] Drawing 1 is the block diagram of the image processing system which presumes spectral-reflectance image data from the RGB image data of the input device concerning the gestalt 1 of operation.

[0060] The picture input device from which 101 acquires the image data of RGB3 band in drawing 1, The input image storage section 102 remembers an input image and 103 remembers the input image 102 to be, The whole control section to which 104 performs processing control of each pixel of the input image 102, the attention image data which is the pixel value of each pixel to which reading appearance of 105 was carried out from the input image storage section 103 by directions of the whole control section 104, The nonlinearity clearance section in which 106 removes nonlinearity from the attention image data 105, and 107 are the image data which removed the nonlinearity acquired by the nonlinearity clearance section 106, and this is henceforth made to call it scalar image data. The category judging section 108 judges the category to which the scalar image data 107 belongs to be, The processing selection section

**This Page Blank (uspto)**

which outputs the category signal with which 109 was judged in the category judging section 108, and the processing selection signal 111 with which 110 becomes the directions which read the parameter used for spectral-reflectance presumption according to the category signal 109, The processing selection signal with which 111 is outputted from the processing selection section 110, the parameter storage section which memorizes the spectral-reflectance presumption parameter for every category with which 112 was computed beforehand, The presumed parameter to which reading appearance of 113 was carried out from the parameter storage section by directions of the processing selection signal 111, The spectral-reflectance presumption section in which 114 performs spectral-reflectance presumption using the presumed parameter 113, The spectral-reflectance data of attention image data with which 115 was presumed, the control signal which directs that spectral-reflectance presumption of the attention image data 105 ended 116, The image recording section on which 117 records spectral-reflectance data, and 118 are an image processing system and a spectral-reflectance image with which 119 is outputted from an image processing system.

[0061] Actuation of the image processing system of drawing 1 is explained. The image data 102 inputted from the picture input device 101 is memorized by the input image storage section 103. And reading appearance of the pixel value is carried out as attention image data 105 one by one from the input image storage section 103 by directions of the whole control section 104 to the nonlinear clearance section 106. The attention image data 105 is changed into the scalar image data 107 in the nonlinearity clearance section 106.

[0062] Next, scalar image data judges whether it belongs to which category among two or more already memorized categories, and whether it belongs to neither of the categories, and outputs a judgment result as a category signal 109. The processing selection section 110 receives the category signal 109, and reads the judged spectral-reflectance presumption parameter for categories from the parameter storage section 112. The spectral-reflectance presumption parameter for each categories is beforehand stored in the parameter storage section 112.

[0063] In the spectral-reflectance presumption section 114, a spectral reflectance is presumed from the scalar image data 107 using the presumed parameter 113 by which reading appearance was carried out from the parameter storage section 112. The obtained spectral-reflectance data 115 are recorded on the image recording section 117. After processing of these single strings is completed to the attention image data 105, the spectral-reflectance presumption section outputs the control signal 116 meaning termination of processing to the whole control section 104. In the whole control section 104, if a control signal 116 is received, the image data used as the following processing object will be read from the input image storage section 103 as attention image data 105. The above is repeated to the whole pixel of the input image 102.

[0064] Next, the example of detailed actuation of the nonlinear clearance section 106 is shown.

[0065] Processing in the nonlinearity clearance section 106 can be performed for example, using a multilayer perceptron. A multilayer perceptron is one of the neural networks, learns beforehand the weight and the threshold which are the parameter of neurone, and presumes using the parameter obtained by the study. The multilayer perceptron used here is used as the data with which image data was removed in the input and nonlinearity was removed from image data in the output, i.e., scalar image data.

[0066] The parameter study procedure of such a multilayer perceptron is explained using drawing 2. The image data and colorimetry value of a color chart which consisted of two or

**This Page Blank (uspto)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

more colors in a procedure 201 are acquired beforehand. Next, the ideal image data predicted using the signal generation model of a picture input device 101 from the colorimetry value of said color chart in a procedure 202 is computed. Next, image data 102 is used as input data in a procedure 203, and weight and a threshold are learned by using ideal image data as educator data.

[0067] A detail is explained about the calculation approach of the ideal image data in a procedure 202. It can ask for ideal image data by assigning the colorimetry value of a color chart to the signal generation model of a picture input device 101. A signal generation model can be written by (several 5) using the spectral reflectance  $R$  of a photographic subject ( $\lambda$ ), and the spectral distribution  $S$  of lighting ( $\lambda$ ) and the spectral sensitivity  $CR$  ( $\lambda$ ),  $CG$  ( $\lambda$ ), and  $CB$  ( $\lambda$ ) of RGB3 band of a picture input device 101. The spectral sensitivity of a picture input device 101 and the spectral distribution of lighting are made into known.

[0068]

[Equation 5]

$$\begin{cases} R' = \int C_R(\lambda) S(\lambda) R(\lambda) d\lambda \\ G' = \int C_G(\lambda) S(\lambda) R(\lambda) d\lambda \\ B' = \int C_B(\lambda) S(\lambda) R(\lambda) d\lambda \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

[0069] (— several — five —) —  $R(\lambda)$  — a color chart — a spectral reflectance — substituting — obtaining — having —  $R$  — ' —  $G$  — ' —  $B$  — ' — ideal image data — becoming . The explanatory view of the signal generation model of (several 5) is shown in drawing 3 . As for the lighting property at the time of image data 102 photography, and 304, in drawing 3 , the spectral reflectance of the color chart which substitutes 301 for a signal generation model, the spectral sensitivity characteristic of the picture input device 101 of known [ 302 ], and 303 are [ the signal generation model of (several 5) and 305 ] the ideal image data of a color chart. As shown in drawing 3 , the ideal image data 305 of a photographic subject is obtained by giving the signal generation model 302, i.e., (several 6), the spectral sensitivity characteristic of a picture input device 101, the lighting property 303, and the spectral reflectance 301 of a photographic subject.

[0070]

[Equation 6]

$$f_{Gauss}(x) = \frac{1}{N} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left\{ -\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

[0071] Next, the presumed procedure by the neural network of the weight learned as mentioned above and a threshold is explained.

[0072] The attention image data 105 is inputted into a neural network [ finishing / study ] in the nonlinearity clearance section 106. Thereby, the scalar image data 107 is obtained by a neural network's output. Above, explanation of the nonlinearity clearance section 106 of operation is finished.

[0073] Next, the detail of the actuation of the category judging section 108 used as the

**This Page Blank (uspto)**



description of this invention is explained.

[0074] The category which consists of the specified photographic subject is beforehand set up before actuation of the image processing in drawing 1. Especially a category is good to be aimed at the thing which wants to presume a spectral reflectance to high degree of accuracy. For example, since the green of the skin and grass etc. is one of those which are considered to be important on color reproduction, it sets up as grass is green as human being's skin and a category 2 as a category 1.

[0075] If a category is set up, the statistical property for every category will be computed. The calculation procedure of the statistical property for every category is explained using drawing 4.

[0076] In a procedure 401, two or more image data of the photographic subject belonging to a category is acquired. for example, if it is the skin, it is shown in drawing 5 -- as -- the skin -- the actual condition -- you may input -- the reflection factor of the skin -- a spectrum -- the color chart reproduced-like may be inputted.

[0077] In the procedure 402, scalar image data is computed from image data by the same processing as the nonlinear clearance section 106. The average of scalar image data and distribution are computed in a procedure 403, and the average and distribution which were obtained are memorized as a statistical property of a category.

[0078] A criterion function is created in a procedure 404. A criterion function is explained.

[0079] First, it is assumed that the data belonging to a category follow the normal distribution expressed by the average obtained in the procedure 402, and distribution. The formula of normal distribution is shown in (several 6).

[0080] In (several 6), N is fGauss (mu) and is the multiplier introduced in order to normalize so that it may be set to 1 at the time of fGauss (mu). When picture input devices 101 are three bands, (several 6) is created for every band, it is referred to as fR (x), fG (x), and fB (x), those products are made into a criterion function, and it expresses with (several 7).

[0081]

[Equation 7]

$$f(R', G', B') = f_R(R') f_G(G') f_B(B') \dots\dots\dots (7)$$

[0082] Above, a criterion function is obtained for every category.

[0083] Next, the operations sequence of the category judging section 108 performed using the criterion function obtained in the above-mentioned procedure is explained using drawing 6.

[0084] in a procedure 601, a criterion function value is computed by substituting scalar RGB image data (R', G', and B -- ') for the criterion function (several 7) of each category. Let a category with the largest criterion function value be a category candidate in a procedure 602. In a procedure 603, it judges whether the category candidate obtained in the procedure 602 is proper. if the inputted scalar RGB image data (R', G', and B -- ') are close to the average (muR', muG', and muB -- ') of a candidate category, they will judge with it being proper.

[0085] The concrete computational procedure of a procedure 603 is explained. First, the normal distribution function fR of R' (x) sets a minimum threshold to Rl for the value which shows the upper limit threshold Ru and a 20% confidence interval for the value which shows 80% of confidence interval. thus, the category candidate by whom scalar image data was got in the procedure 602 when G' and the scalar RGB image data (R', G', and B -- ') which compute the

**This Page Blank (uspto)**

threshold of an upper limit and a minimum similarly, and were inputted also about B' were in the threshold -- a group -- then, it is judged, and if it is outside a threshold, it will be judged with belonging to neither of the categories.

[0086] the above category judging approach -- the inside of the space of scalar image data -- R', G', and B -- ' -- it only only judged [ whether each value is close to the average which a category shows, and ]. therefore, R', G', and B -- ' -- each correlation is not taken into consideration. R -- ' -- G -- ' -- B -- ' -- a correlation -- taking into consideration -- if -- a highly precise category judging -- it can do .

[0087] R -- ' -- G -- ' -- B -- ' -- a correlation -- taking into consideration -- depending -- being highly precise -- a category -- a judgment -- an approach -- \*\*\*\*\* -- the above -- normal distribution -- depending -- a judgment -- adding -- Mahalanobis -- distance -- depending -- a judgment -- having added -- an approach -- explaining .

[0088] The Mahalanobis distance is defined by (several 8). In (several 8), it is the scalar RGB-image-data vector the matrix of correlation of scalar RGB image data should judge sigma, and the mean vector of scalar RGB image data and x should judge mu to be.

[0089]

[Equation 8]

$$g(x) = (x - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu) \quad \dots\dots\dots (8)$$

[0090] ( -- several -- eight -- ) -- g -- ( -- x -- ) -- depending -- if -- inputting -- having had -- a scalar -- RGB image data -- x -- a category -- from -- distance -- a matrix of correlation -- sigma -- normalizing -- having -- a sake -- R -- ' -- G -- ' -- B -- ' -- mutual -- relation -- having taken into consideration -- a decision value -- it can obtain . however -- the average -- mu -- lengthening -- R -- ' -- G -- ' -- B -- ' -- each -- a value -- being absolute -- information -- removing -- \*\*\*\* -- a sake -- (several 8) -- a category judging -- it cannot carry out . It is necessary to use (several 7) together with (several 8). h (x) of (several 9) is defined as a new decision value which considered both the judgment by (several 8), and the judgment by (several 7).

[0091]

[Equation 9]

$$h(x) = \frac{f(x)}{g(x)} \quad \dots\dots\dots (9)$$

[0092] in (several 9), x is the scalar RGB-image-data vector of arbitration, and f (x) means f (R', G', and B -- ') of (several 7). Since f (x) of (several 7) has so high that a value is so small that a value is large on the other hand possibility of belonging to a category, h (x) of (several 9) has so high that a value is large possibility of belonging to a category, and Mahalanobis distance [ of (several 8) ] g (x) has become a value in consideration of the criterion of both (several 8) and (several 9).

[0093] The operations sequence of the category judging section 108 performed using criterion function h (x) in the above explanation is explained using drawing 7 .

[0094] in a procedure 701, a criterion function value is computed by substituting scalar RGB image data (R', G', and B -- ') for criterion function [ of each category ] h (x), and (several 9). In a procedure 702, a category with the largest criterion function value is obtained as a category

**This Page Blank (uspto)**

candidate. A procedure 703 performs the same threshold judging as a procedure 603. namely, --  
 -- inputting -- having had -- a scalar -- image data -- R -- ' -- G -- ' -- B -- ' --  
 respectively -- an upper limit -- and -- a minimum -- a threshold -- inside -- it is -- if -- a  
 scalar -- image data -- a procedure -- 702 -- obtaining -- having had -- a category -- a  
 candidate -- a group -- then -- possibility -- it is -- \*\* -- judging -- having -- a procedure  
 704 -- progressing . If it is outside a threshold, it will be judged with belonging to neither of the  
 categories.

[0095] Next, whenever [ of a category candidate / proper ] is judged in the Mahalanobis  
 distance with a procedure 704. Generally, when x follows the m-th normal distribution, it is  
 known that Mahalanobis distance g (x) will follow the chi-square distribution of a degree of  
 freedom m. Then, the value which shows a confidence interval 95% in the distribution function of  
 the chi-square distribution of a degree of freedom m is beforehand calculated as gthre, and it is  
 judged with belonging to a category candidate, if g (x) is smaller than gthre, and if large, it will be  
 judged with belonging to neither of the categories. Above, explanation of the category judging  
 section 108 of operation is finished.

[0096] Next, the detail of actuation of the processing selection section 110 used as another  
 description of this invention, the parameter storage section 112, and the spectral-reflectance  
 presumption section 114 is explained.

[0097] This invention has the description in the point judged in the category judging section 108  
 that the presumed matrices of a spectral reflectance differ for every category.

[0098] The presumed matrix for every category is beforehand stored in the parameter storage  
 section 112, and if the category signal 109 judged from the category judging section is received,  
 the processing selection section 110 will read the matrix for categories judged among two or  
 more presumed matrices stored in the parameter storage section 112, and will pass it to the  
 spectral-reflectance presumption section 114. The spectral-reflectance presumption section  
 114 presumes the spectral reflectance of a photographic subject from the scalar image data  
 107 using the specified matrix.

[0099] presumption of a spectral reflectance is performed by asking for a spectral reflectance R  
 (lambda), when the scalar image data 107 is substituted for the left part (R', G', and B -- ') of  
 (several 5).

[0100] since scalar image data and a spectral reflectance have a linearity relation, if they  
 rewrite (several 5) to discrete matrix representation in (several 5) (several 10) -- it becomes.

[0101]

[Equation 10]

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} R1 \\ R2 \\ \vdots \\ Rn \end{pmatrix} \quad \text{..... (10)}$$

[0102] The left part of (several 10) is the scalar image data 107, T (R1, R2, --, Rn) is the  
 discrete representation of the spectral reflectance of a photographic subject, and each  
 component expresses the reflection factor in each wavelength in every 10nm of 400 to 700nm.  
 Matrix A is a matrix decided by the spectral sensitivity of a picture input device 101, and the  
 spectral distribution of lighting.

**This Page Blank (uspto)**

[0103] the problem which presumes the spectral reflectance  $R$  of a photographic subject from the scalar image data 107 using (several 10) is a linearity inverse problem, and when image data is for example, RGB3 band, it is difficult for  $T$  ( $R_1, R_2, \dots, R_n$ ) for a number of dimension to be markedly alike and to presume greatly rather than 3.

[0104] As an approach of solving this problem, there is the approach of expressing the spectral reflectance of a photographic subject with the basis function of a low degree rather than  $n$ . According to this approach, the number of dimension of the data for which it should ask can be reduced.

[0105] For example, three dimensions  $O_1$  ( $\lambda$ ),  $O_2$  ( $\lambda$ ), and  $O_3$  ( $\lambda$ ), then (several 5) can rewrite a basis function to (several 11), and the data which should be presumed serve as the 3rd vector ( $a, b, c$ ). Therefore, (several 10) can be rewritten to (several 12). In (several 12), Matrix  $B$  is a matrix decided with the spectral sensitivity of a picture input device 101, the spectral distribution of lighting, and the above-mentioned basis function.

[0106]

[Equation 11]

$$\begin{cases} R' = \int C_R(\lambda) S(\lambda) (a \cdot O_1(\lambda) + b \cdot O_2(\lambda) + c \cdot O_3(\lambda)) d\lambda \\ G' = \int C_G(\lambda) S(\lambda) (a \cdot O_1(\lambda) + b \cdot O_2(\lambda) + c \cdot O_3(\lambda)) d\lambda \dots\dots\dots (11) \\ B' = \int C_B(\lambda) S(\lambda) (a \cdot O_1(\lambda) + b \cdot O_2(\lambda) + c \cdot O_3(\lambda)) d\lambda \end{cases}$$

[0107]

[Equation 12]

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = B \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \dots\dots\dots (12)$$

[0108] As a basis function, the thing of the publication written by VIHERU "major company MENTO and analysis OBU object reflectance spectra" of pages 4-9 can be used in a journal color research and application, volume 19, and number 1994 [ 1 or ], for example. It can be said that this basis function is a very general-purpose basis function in order to measure and compute many of natural photographic subjects and artificial photographic subjects.

[0109] Or the spectral reflectance of the Macbeth chart may be measured, principal component analysis of the obtained spectral reflectance may be carried out, and the principal component vector of the number component of high orders may be used as a basis function.

[0110] thus, it obtains -- having had (several 12) -- it is not what limited especially the photographic subject, and, ideally, is realized with all photographic subjects. Moreover, since Matrix  $B$  is a square matrix, a meaning solution can be acquired, and precision will also become almost comparable with all photographic subjects, however highly precise presumption is impossible for it from that a basis function can express no photographic subjects with the 3rd order, that it is the formula realized after the assumption whose photographic subject is perfect diffusion, and the noise not being further taken into consideration.

[0111] On the other hand, when a photographic subject is limited, a solution with highly precise multiple regression analyses and neural networks who perform presumption is acquired from the statistical property of the image data about a photographic subject, and spectral-reflectance data rather than it undoes a signal generation model (several 5) as mentioned above. However,

**This Page Blank (uspto)**



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

although presumption very highly precise about the limited photographic subject in this case is obtained, about the other photographic subject, an error becomes very large.

[0112] So, in this invention, the highly precise presumed approach is beforehand prepared about the category of the limited photographic subject using the multiple regression analysis, the neural network, etc. And it judges whether it is the thing of the photographic subject which each pixel in the inputted image limited in the category judging section 108, and a group, then presumption for categories using said multiple regression analysis, neural network, etc. when judged are performed in a category, and if judged with belonging to neither of the categories, presumption by (several 12) will be performed.

[0113] The explanatory view of this processing shows drawing 8. In drawing 8, the presumed approach to be used is changed with the category signal 109 judged by the category judging section 108 (procedure 801). Presumption which specialized in the photographic subject by the multiple regression analysis or the neural network when the category signal 109 was a category 1 or a category 2 is performed (a procedure 802, procedure 803), and if it is not which category, either, it will presume by (several 12) (procedure 804).

[0114] By doing in this way, very highly precise presumption is attained about the specified photographic subject, and an almost accurate solution can be acquired also about the other photographic subject.

[0115] Next, the presumed approach for every category is explained.

[0116] Although more than one are considered by the presumed approach for every category, here explains two kinds, the approach by the multiple regression analysis, and the approach by the neural network.

[0117] First, the approach using a multiple regression analysis is explained using drawing 9.

[0118] In the procedure 901, two or more image data of the photographic subject belonging to a category is obtained from the image input section, and spectral-reflectance data are obtained using the colorimeter. This situation is shown in drawing 5. In a procedure 902, image data is changed into scalar image data by the same processing as the nonlinear clearance section 106. a procedure 903 -- spectral-reflectance data -- the base -- it is made a multiplier at conversion. A basis function may carry out principal component analysis of the spectral reflectance of two or more photographic subjects which may use VIHERU's and others thing as well as (several 12), or belong to a category, and the principal component vector of the number component of high orders may be used for it. Since it becomes that to which the basis function also specialized in the category in the case of the latter, expression precision becomes high. a procedure 904 -- a multiple regression analysis -- the base of image data to spectral-reflectance data -- the matrix which presumes a multiplier is created.

[0119] The detail of a procedure 904 is explained. the base of the spectral reflectance which computed the matrix arranged in horizontally several data minutes by making into a column vector two or more scalar image data computed in the procedure 902 in X and a procedure 903 -- if the matrix arranged in horizontally several data minutes by making a multiplier into a column vector is set with R -- the base from image data -- the matrix M which presumes a multiplier is expressed with (several 13). In (several 13),  $R_{xx}$  expresses a matrix of correlation. For example,  $RRX$  is the matrix of correlation of T and X, and is defined by (several 14).

[0120]

[Equation 13]

**This Page Blank (uspic,**

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

$$M = R_{xx} R_{xx}^{-1} \quad \dots\dots\dots (13)$$

[0121]

[Equation 14]

$$R_{xx} = RX^T \quad \dots\dots\dots (14)$$

[0122] the base (several 13) is presumed to be -- a multiplier and the base computed in the procedure 903 -- it is the matrix determined that an error with a multiplier will serve as min.

[0123] the matrix M acquired by the above procedure -- using -- the base of scalar image data  $x = (R', G', \text{ and } B \text{ -- '})$  t of arbitration to a spectral reflectance -- multiplier  $r = (a, b, c)$  t is presumed by (several 15).

[0124]

[Equation 15]

$$r = Mx \quad \dots\dots\dots (15)$$

[0125] the acquired base -- a spectral reflectance is computed from a multiplier. Above, the explanation about the creation approach of the presumed matrix for every category by the multiple regression analysis is finished.

[0126] here -- the presumed matrix (several 13) for every category -- the relation of the presumed matrix (several 12) used when judged with belonging to neither of the categories is explained [ and / (several 15) ].

[0127] As shown in (several 16), if the matrix which put C and a basis function in order for the matrix which put the sensibility of each band of a picture input device 101 in order as a column vector as a column vector is set with P, (several 5) of the signal generation model of a picture input device 101 can be written. the base of the matrix which X made the column vector two or more scalar image data computed in the procedure 902 here, and was arranged in horizontally several data minutes, and the spectral reflectance which computed R in the procedure 903 -- it is the matrix arranged in horizontally several data minutes by making a multiplier into a column vector.

[0128]

[Equation 16]

$$X = C'PR \quad \dots\dots\dots (16)$$

[0129] It is substituting (several 17). (several 13) (several 16)

[0130]

[Equation 17]

$$\begin{aligned} r &= RX'(XX')^{-1}x \\ &= RR'P'C(C'PRR'P'C)^{-1}x \quad \dots\dots\dots (17) \\ &= R_{RR}P'C(C'PR_{RR}P'C)^{-1}x \end{aligned}$$

[0131] if a photographic subject is not limited in (several 17) -- the base of a spectral reflectance -- since it can consider that the matrix of correlation RRR of a multiplier is a unit matrix, it is set to (several 18). In (several 18), + means the general inverse matrix of MUAPENROZU. If the number of bands of a picture input device is made to use to the 3rd same

**This Page Blank (uspto)**

order, since PtC will serve as a symmetric matrix in it, solution Lycium chinense can do a basis function in the usual inverse matrix.

[0132]

[Equation 18]

$$r = P'C(C'PP'C)^{-1}x$$

$$= (P'C)^*x \quad \dots\dots\dots (18)$$

[0133] If the basis function used by (several 13) and (several 12) is the same, I will want you to be cautious of (several 18) becoming (several 12) and equivalence. the presumed matrix (several 13) for every category and (several 15) -- setting -- the base -- the case where the matrix of correlation of a multiplier is made into a unit matrix is equivalent to the signal generation model solution of (several 12). [ namely, ]

[0134] Next, the neural network who is another approach of the presumed approach for every category is explained.

[0135] First, a neural network's study procedure is explained using drawing 10 . In the procedure 1001, the image data of two or more photographic subjects belonging to a category is obtained from the picture input device, and spectral-reflectance data are obtained using the colorimeter. This situation is shown in drawing 5 . Image data is changed into scalar image data by the same processing as the nonlinear clearance section 106 in a procedure 1002. a procedure 1003 -- spectral-reflectance data -- the base -- it is made a multiplier at conversion. A basis function may carry out principal component analysis of the spectral reflectance of two or more photographic subjects which may use VIHERU's and others thing like (several 12), or belong to a category, and the principal component vector of the number component of high orders may be used for it. Since a basis function also becomes what specialized in the category in the case of the latter, expression precision becomes high.

[0136] next, the procedure 1004 -- the base of scalar image data to a spectral reflectance -- study of the threshold of the neural network who presumes a multiplier, and weight is performed. the base which computed the scalar image data which the neural network considered as the multilayer perceptron and computed the input data in the procedure 1002, and educator data in the procedure 1003 -- it learns as a multiplier.

[0137] if the scalar image data of arbitration is inputted into the threshold acquired by the above study, and a neural network with weight -- as an output -- a spectral reflectance -- the base -- a multiplier is obtained. then, the acquired base -- a multiplier is changed into a spectral reflectance.

[0138] All explanation of actuation of each part of the image processing system of drawing 1 is finished above.

[0139] In order for this image processing system to operate as efficiently as possible, there are two important points. Unique data which shift from whether the data acquired in a procedure 401, a procedure 901, or a procedure 1001 are suitable for one as what accomplishes one category, and a category are not contained, or another is whether a category comrade is disengageable.

[0140] Then, the judgment approach of the singularity of the data in the category acquired in procedures 401, 901, and 1001 is first explained using drawing 11 .

[0141] First, the image data acquired by the procedure 401, or 901 and 1001 in the procedure

**This Page Blank (uspto)**

1101 is changed into scalar image data by the same processing as the nonlinear clearance section 106. In a procedure 1102, the average  $\mu$  and matrix of correlation  $\sigma$  of scalar image data which were obtained are computed. In a procedure 1103, it asks for Mahalanobis distance [ of each scalar image data ]  $g(x)$  by (several 8), and judges with the data with the larger Mahalanobis distance than a threshold being unique. Thus, what is necessary is just to remove the data judged that are unique from the data in a category.

[0142] The threshold used in a procedure 1103 is calculated as follows, for example. Generally, when  $x$  follows the  $m$ -th normal distribution, it is known that Mahalanobis distance  $g(x)$  will follow the chi-square distribution of a degree of freedom  $m$ . Then, the value which shows a confidence interval 95% in the distribution function of the chi-square distribution of a degree of freedom  $m$  is beforehand calculated as  $g_{thre}$ , and if  $g(x)$  is larger than  $g_{thre}$ , it will judge with it being unique data.

[0143] although the judgment of the singularity of the above data was performed on scalar RGB space, or it completely performs same processing on spectral-reflectance space -- or the base of a spectral reflectance -- you may carry out on multiplier space. for example, the base -- the spectral-reflectance data acquired in procedures 401, 901, and 1001 when carrying out on multiplier space -- the 3rd base -- a multiplier -- changing -- instead of [ of the scalar image data of procedures 1102 and 1103 ] -- the base -- what is necessary is just to perform the completely same processing using a multiplier

[0144] since [ however, ] it is well in agreement with the bad data of the unique data judged on scalar image data space, and (several 13) (several 15) the presumed result to depend when these experiments are conducted -- the base -- the judgment with the scalar image data space more suitable than multiplier space was able to be performed. Above, the explanation about the singularity judging of data is finished.

[0145] Next, the judgment approach of the separability of the category comrade who is another important point is explained. An exact category judging can be performed, so that it is disengageable enough as a category. For example, even if it sets up the red rose and the red color chart with which a color is alike as a different category, it is inseparable if a picture input device 101 catches those colors as the same signal value. That is, it can be said that separability is low.

[0146] Therefore, the data of disengageable whenever of a category of each category are in whether the group is accomplished or not on scalar RGB space. The criteria which judge it become the following three points.

[0147] "Separation criterion 1" The thresholds  $R_l$  and  $R_u$  of a category, thing "separation criterion 2 which the section which  $G_l$  and  $G_u$ ,  $B_l$  and  $B_u$  accomplish does not cross mutually The result of having carried out principal component analysis of the scalar image data of each category by the matrix of correlation," the contribution to the 2nd order is high -- "separation criterion 3" if possible, a flat-surface comrade's include angle which the principal component vector to the 2nd order of the scalar image data of each category accomplishes is large -- the inside which is these three which -- although -- the more it is satisfied, the separability of a category can be high, as a result can perform a category judging to accuracy, and, the more can raise presumed precision.

[0148] Calculation whenever above category disengageable is explained using drawing 12 about the procedure performed on scalar RGB space.

**This Page Blank (uspto)**



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

[0149] In a procedure 1201, it judges whether it crosses at the category with mutual thresholds RI and Ru which are separation criteria 1 first and section which GI, and Gu, BI and Bu accomplish, respectively. Next, image data is changed into scalar image data for every category in a procedure 1202. In a procedure 1203, it asks for the matrix of correlation of scalar image data for every category, and principal component analysis is carried out using a matrix of correlation. The 2nd point of a separation criterion is checked in a procedure 1204. Specifically, the contribution to a degree (the number of sensor bands - 1) is computed as a result of the principal component analysis for every category. Category separability is high if a contribution is high.

[0150] Next, the principal component vector corresponding to the minimum characteristic value of each category is searched for in a procedure 1205. The principal component vector corresponding to what has the smallest characteristic value among principal component vectors is because it is the normal vector of the flat surface which the principal component vector to a degree (the number of sensor bands - 1) constitutes. It asks for the include angle which the normal vector comrade of each category who becomes the 3rd point of a separation criterion accomplishes in a procedure 1206. If each normal vector is normalized, it can ask for an include angle by the inner product. Separability is high if an include angle is large.

[0151] although the above procedure was performed on scalar RGB space -- the completely same actuation -- the base of spectral-reflectance space or a spectral reflectance -- you may carry out in multiplier space. however, the base -- to carry out on multiplier space, it is necessary to make the same naturally the basis function used by each category

[0152] in addition, the base of a spectral reflectance -- the base [ in / in the matrix of correlation used in a procedure 1203 when carrying out in multiplier space / (several 17) ] -- it is equivalent to the matrix of correlation RRR of a multiplier.

[0153] The example of system application of the image processing system of drawing 1 is shown in drawing 13. For picture input devices 101 and 1302, in drawing 13, image processing systems 118 and 1303 are [ 1301 / a display and 1304 ] printers. The image of a photographic subject 1304 is inputted by the picture input device 1301, and the spectral-reflectance image 119 is outputted by the processing in an image processing system 1302. The spectral-reflectance image 119 is passed to a display 1303 or a printer 1304, and after it is changed into the signal of each equipment, it is displayed on a display 1303, or it is outputted from a printer 1304. Conversion of a signal to each equipment from the spectral-reflectance image 119 may be performed by CPU inside a display 1302 or a printer 1303, or after processing units, such as a special personal computer, perform, a display 1302 or a printer 1303 may be passed. Moreover, an image processing system 1302 may be altogether processed by CPU of the picture-input-device 1301 interior.

[0154] By the system of such drawing 13, once it changes the inputted image into the color data independent of equipment or equipment, and lighting, the true color of a photographic subject can be outputted to a display or a printer by changing into the signal of each output unit.

[0155] When the obtained spectral-reflectance image 119 is outputted to a display or a printer and human being observes it like this application, false contour may arise on the boundary of the field of each category. This is based on having presumed the spectral reflectance by the approach of carrying out a category judging and being different for every pixel.

**This Page Blank (uspto)**

[0156] What is necessary is just to take the following approaches, in order to solve such a problem.

[0157] Although it is prepared for categories, and it reaches a Ta line train (several 13) (several 15) or spectral-reflectance data are presumed by the neural network as it explained to the category with each pixel until now, a group then when it was judged What is necessary is to presume spectral-reflectance data also by the presumed approach (several 12) also when not being which category, either separately, and just to let the result of having carried out weighting of the data based on both [ these ] the presumption approach with the reliability belonging to a category be final spectral-reflectance data.

[0158] the dependability belonging to a category -- for example, -- or (several 19) (several 20) it computes. In (several 19), the criterion function value of the category which computed  $f(x)$  in the procedure 601, the Mahalanobis distance which computed  $g(x)$  in the procedure 701, and  $g_{thre}$  are the thresholds of the Mahalanobis distance by the chi-square distribution used in the procedure 704.

[0159]

[Equation 19]

$$weight(x) = 1 - f(x) \quad \dots\dots\dots (19)$$

[0160]

[Equation 20]

$$weight(x) = \frac{g(x)}{g_{thre}} \quad \dots\dots\dots (20)$$

[0161] With the obtained weight, the presumed solution  $r_{general}(x)$  by (several 12) also when not being the matrix (several 13) prepared for categories or (several 15) the spectral-reflectance data  $r_{category}(x)$  presumed by the neural network, and which category, either is united by (several 21), and it outputs to the image recording section 117 by using obtained  $r(x)$  as the final spectral-reflectance data 115.

[0162]

[Equation 21]

$$r(x) = (1 - weight) \cdot r_{category}(x) + weight \cdot r_{general}(x) \quad \dots\dots\dots (21)$$

[0163] In addition, with the gestalt of this operation, although the image input section of RGB3 band is explained, when many filters are increased more not only in RGB, this technique can be applied similarly. Moreover, the image input section is good also as not only a digital camera but a scanner, and data which digitized analog output, and may apply this processing to each image of an animation further.

[0164] Moreover, this invention downloads the program which memorizes actuation of the image processing system in drawing 1 to CDRom, and has been memorized to CDRom to RAM on PC, and makes a color presumption means process to CPU on PC. Or it memorizes to ROM in a picture input device, and said means is made to process to CPU in a picture input device. In this case, since the image data outputted from a picture input device can save the time and effort which installs a color presumption means on a computer like before since it becomes an input unit with the image data of a color space independent of not a color space display but the

**This Page Blank (uspto)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

equipment or equipment, and lighting of a proper, it has the advantage that it can treat simply also to the general user who is not detailed in a computer or color conversion. However, if it can be made to perform acquisition of the RGB image data of an input device by changing the mode, consistency with equipment is also taken conventionally.

[0165] As mentioned above, according to the gestalt of this operation, the multi-statement of the set of the photographic subject used as the main components of the image inputted from a picture input device is carried out, and a means to presume the color data for which it does not depend on equipment or equipment, and lighting for every set is computed. And it can judge to which set each pixel of the image data inputted from the picture input device belongs, and whether it belongs to neither of the photographic subject sets, and highly precise presumption can be performed by presuming the color data for which choose a presumed means based on a judgment result, and it does not depend on equipment or equipment, and lighting.

[0166] (Gestalt 2 of operation) With the gestalt 1 of operation, the judgment of the category to which each pixel belongs was performed using the statistical property, for example, the average value, and the Mahalanobis distance of the data belonging to a category. With the gestalt 2 of operation, the approach of judging from a difference with the color independent of the equipment or equipment, and lighting which are changed when it is assumed that it belongs to the color independent of the equipment or equipment, and lighting which are changed into a certain set a group, then when it assumes, and neither of the sets is indicated to it.

[0167] The block diagram of the image processing system in the gestalt 2 of operation of this invention is shown in drawing 14. The number of the categories set up beforehand is set to two as an example here.

[0168] The picture input device from which 1401 acquires the image data of RGB3 band in drawing 14, The input image storage section 1402 remembers an input image and 1403 remembers the input image 1402 to be, The whole control section to which 1404 performs processing control of each pixel of the input image 1402, The attention image data which is the pixel value of each pixel to which reading appearance of 1405 was carried out from the input image storage section by directions of the whole control section 1404, The nonlinearity clearance section in which 1406 removes nonlinearity from the attention image data 1405, and 1407 are the image data which removed the nonlinearity acquired by the nonlinearity clearance section 1406, and this is henceforth made to call it scalar image data. The parameter storage section which memorizes the spectral-reflectance presumption parameter for every category with which 1408 was computed beforehand, the presumed parameter which 1409 uses at the time of spectral-reflectance presumption to which reading appearance was carried out from the parameter storage section 1408, and 1410 are the spectral-reflectance presumption sections which perform spectral-reflectance presumption using the presumed parameter 1409, the attention image data 1405 assumes, respectively that it belongs to neither a category 1 nor a category 2 nor the categories 1 and 2, and three kinds of spectral-reflectance data presume here. Each of 1411, 1412, and 1413 is spectral-reflectance data presumed in the spectral-reflectance presumption section 1410. The spectral-reflectance data with which, as for 1411, the attention image data 105 is obtained by the category 1 a group, then when it presumes by assuming, the spectral-reflectance data with which, as for 1412, the attention image data 105 is obtained by the category 2 a group, then when it presumes by assuming, and 1413 -- the attention image data 105 -- categories 1 and 2 -- when it presumes by assuming that it

**This Page Blank (uspto)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

belongs to neither of the categories, it is spectral-reflectance data obtained. The category judging section which 1414 judges the category to which the scalar image data 1407 belongs, and determines final spectral-reflectance data, the spectral-reflectance data with which 1415 was presumed, the control signal which supports that spectral-reflectance presumption of the attention image data 1405 ended 1416, the image recording section on which 1417 records spectral-reflectance data, and 1418 are an image processing system and a spectral-reflectance image with which 1419 is outputted from an image processing system 1418.

[0169] Actuation of the image processing system of drawing 14 is explained.

[0170] The image 1402 inputted from the image input section 1401 is memorized by the input image storage section 1403. And reading appearance of the pixel value is carried out one by one as attention image data 1405 from the input image storage section 1403 by directions of the whole control section 1404 to the nonlinear clearance section 1406. The attention image data 1405 is changed into the scalar image data 1407 in the nonlinearity clearance section 1406.

[0171] Next, in the spectral-reflectance presumption section 1410, three kinds of spectral-reflectance data are computed from the scalar image data 1407, assuming, respectively that the attention image data 1405 belongs to neither a category 1 nor a category 2 nor the categories 1 and 2. Since the presumed parameter 1409 used in that case is beforehand stored in the parameter storage section 1408, this is read and used. The category judging section 1414 judges the category to which the attention image data 1405 belongs using three kinds of obtained spectral-reflectance data, and determines and outputs final spectral-reflectance data. The obtained spectral-reflectance data 1415 are recorded on the image recording section 1417.

[0172] After processing of these single strings is completed to the attention image data 1405, the category judging section 1414 outputs the control signal 1416 meaning termination of processing to the whole control section 1404. In the whole control section 1404, if a control signal 1416 is received, the image data used as the following processing object will be read from the input image storage section 1403 as attention image data 1405. The above is repeated to the whole pixel of the input image 1402.

[0173] Actuation of the nonlinear clearance section 1406 is completely the same as actuation of the nonlinear clearance section 106 in the gestalt 1 of operation among detailed actuation of each part of the block diagram of drawing 14.

[0174] Actuation of the spectral-reflectance presumption section 1410 is explained. In the spectral-reflectance presumption section 114 of the gestalt 1 of operation, spectral-reflectance data were presumed by the presumed approach which carried out category specialization based on the already determined category. When attention image data belongs to a category 1 with the gestalt of this operation to it and it belongs to a category 2, three kinds in the case of belonging to neither of the categories are assumed, and it differs in that the spectral-reflectance data in the case of [ these ] all are presumed. These concrete presumed approaches are not different from the approach described in the gestalt 1 of operation.

[0175] The detail of the actuation of the category judging section 1414 used as the description of this invention is explained to the last.

[0176] The spectral-reflectance data obtained by a category 1 or 2 a group, then when it assumes are obtained using a multiple regression analysis, a neural network, etc., and if the attention image data 1405 belongs to the category truly when it presumes by learning the statistical information of the data in a category in this way, a very good presumed result will be

**This Page Blank (uspto)**



obtained. However, when it does not belong to a category, a very bad presumed result is obtained and the difference is remarkable.

[0177] the spectral-reflectance data obtained on the other hand when it is assumed that it belongs to neither of the categories -- the spectral reflectance of a photographic subject, or its base -- since it is presuming for not correlating correlation of a multiplier (i.e., \*\*\*\*\* [ a matrix of correlation is a unit matrix ]), the presumed result of whenever [ middle ] which it is not necessarily inaccurate in the scalar image data of arbitration, and is not necessarily very good is obtained.

[0178] In the category judging section 1414, a category is judged using the property of these presumed solutions. That is, the square error of the spectral-reflectance data obtained by each category a group, then when it assumes, and the spectral-reflectance data obtained when it is assumed that it belongs to neither of the categories is searched for, respectively, and it judges with a square error belonging to the category of the smaller one.

[0179] The judgment procedure in the category judging section 1414 is packed into drawing 15. In a procedure 1501, the spectral-reflectance data 1411, 1412, and 1413 at the time of assuming that attention image data belongs to neither of the categories, a category 1 nor a category 2, are inputted into the category judging section 1414. The square error E1 of spectral-reflectance data 1411rcategory1 obtained in the procedure 1502, having assumed that it belonged to a category 1 and spectral-reflectance data 1413rgeneral obtained having assumed that it belonged to neither of the categories is searched for by (several 22). In (several 22), rcategory1 (i) is the spectral reflectance of wavelength i (nm), and uses the sum of the error between 400nm and 700nm as an example by error calculation of (several 22).

[0180]

[Equation 22]

$$E1 = \sqrt{\sum_{i=400}^{700} (r_{category1}(i) - r_{general}(i))^2} \quad \dots\dots\dots (22)$$

[0181] The square error E2 of spectral-reflectance data 1411rcategory2 obtained having assumed that it belonged to a category 2 and spectral-reflectance data 1413rgeneral obtained having assumed that it belonged to neither of the categories as well as [ completely ] (several 22) is searched for.

[0182] Next, in a procedure 1503, it judges which is smaller between E1 and E2, and an error makes the smaller one a category candidate. In a procedure 1504, it judges whether a category candidate's error E is smaller than the threshold EThreshold decided beforehand. If small, a category candidate will be determined as a category to which the attention image data 105 belongs, and if larger than a threshold, it will determine to belong to neither of the categories. In a procedure 1505, the data according to the category determined among the spectral-reflectance data 1411, 1412, and 1413 are outputted as a final solution 1415.

[0183] Above, explanation of actuation of the block diagram of the gestalt 2 of operation is finished.

[0184] Also with the gestalt of this operation, the same example of system application as drawing 13 of the gestalt 1 of operation can be constructed. Thus, when changing into a display or a printer signal the spectral-reflectance image obtained with the image processing system of drawing 2 and observing as an image, false contour may arise on a field boundary. This is

**This Page Blank (uspto)**

because it presumes by the different presumed approach for every category, so the difference of data serves as false contour and it appears.

[0185] By solving such a problem, as it is, each pixel carries out weighting of the spectral-reflectance data 1413 presumed for belonging not using the spectral-reflectance data 1411 presumed a group, then when it was judged, or 1412 in neither of the categories, the spectral-reflectance data 1411 of each category, nor 1412, according to the reliability belonging to a category to a category 1 or 2, and should just use them as final spectral-reflectance data.

[0186] The reliability belonging to a category is computed, for example (several 23). In (several 23), Ecategory (x) is an error in the affiliation category in the attention image data x computed in the procedure 1502, and EThreshold is the threshold used in the procedure 1504.

[0187]

[Equation 23]

$$weight(x) = \frac{E_{category}(x)}{E_{Threshold}} \dots\dots\dots (23)$$

[0188] By obtained weight weight (x), the spectral-reflectance data rgeneral (x) also when not being the spectral-reflectance data rcategory in the case of the judged category (x) and which category, either are united by (several 21), and it outputs to the image recording section 1417 by using obtained r (x) as the final spectral-reflectance data 1415.

[0189] As mentioned above, according to the gestalt of this operation, the multi-statement of the set of the photographic subject used as the main components of the image inputted from a picture input device is carried out, and a means to presume the color data for which it does not depend on equipment or equipment, and lighting for every set is computed. And the color which does not depend for the set to which each pixel of the image data inputted from the picture input device belongs on the equipment or equipment, and lighting into which it is changed by a certain set a group, then when it assumes, It can judge from a difference with the color independent of the equipment or equipment, and lighting which are changed when it is assumed that it belongs to neither of the sets, and highly precise presumption can be performed by determining the color data for which it does not depend on equipment or equipment, and lighting based on a judgment result.

[0190] (Gestalt 3 of operation) The main components of the gestalt of this operation are the same as that of the gestalt 1 of operation shown in drawing 1 . Actuation of the category judging section 108 differs from the gestalt 1 of operation.

[0191] With the gestalt 1 of operation, the judgment of the category to which each pixel belongs was performed using the statistical property, for example, the average value, and the Mahalanobis distance of the data belonging to a category. With the gestalt 3 of operation, the category which belongs by the neural network is judged to it.

[0192] Detailed actuation of the category judging section 108 in the gestalt 3 of operation is explained. Study needs to determine beforehand a parameter called weight and threshold of the neural network who uses for a category judging before actuation of the image processing system of drawing 1 . A study procedure is explained using drawing 16 . The case where the number of categories is two as an example is explained.

[0193] In the procedure 1601, as many image data of the photographic subject belonging to categories 1 and 2 and image data belonging to neither of the categories as possible are

**This Page Blank (uspto)**

\*NOTICES\*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

acquired first. In a procedure 1602, all the image data acquired in the procedure 1601 is changed into scalar image data. In a procedure 1603, the number of input data and a category is learned by the neural network by using all scalar image data as educator data.

[0194] A neural network's conceptual diagram in the gestalt of this operation to drawing 17 is shown. Input data is the 3rd order of scalar image data, and output data are the primary data of a category number.

[0195] If the category judging section 108 receives the scalar image data 107 of the attention image data 105 from the nonlinear clearance section 106 using the neural network learned by the above procedure, a category will be presumed and the category signal 109 will be outputted.

[0196] As mentioned above, according to the gestalt of this operation, the multi-statement of the set of the photographic subject used as the main components of the image inputted from a picture input device is carried out, and a means to presume the color data for which it does not depend on equipment or equipment, and lighting for every set is computed. And it can judge by the neural network to which photographic subject set each pixel of the image data inputted from the picture input device belongs, and highly precise presumption can be performed by presuming the color data for which choose a presumed means based on a judgment result, and it does not depend on equipment or equipment, and lighting.

[0197] (Gestalt 4 of operation) The gestalt 4 of operation shows the example which uses a picture input device as equipment which measures the color temperature of a display as an example of system application which used one image processing system of the gestalten 1-3 of operation. That is, the photographic subject of a camera is displayed.

[0198] In order to measure the color temperature of a display, it is common to use the colorimeter of dedication. However, since the colorimeter is expensive, it is difficult for a general user to purchase only for the object.

[0199] Then, according to the image processing system of this invention, since the XYZ tristimulus values of a display are computable from the picture signal of a digital camera, it can consider as substitution of a colorimeter.

[0200] The gestalt of the operation which constituted the digital camera and the image processing system of this invention as substitution of a colorimeter as a system which measures the color temperature of a display is explained.

[0201] Drawing 18 is the block diagram.

[0202] the document 122-1996 which is a color chart on the display whose 1802 1801 measures a display and measures a color temperature in drawing 18, for example, the international-standards-ized engine CIE is taking out -- "THE relation cypridium BITOUIN digital and KARARI metric data [ ] -- in FO computer conte RORUDO C R tee display", if there are gray gradation, red, blue, and XYZ tristimulus values at the time of the green maximum luminescence, it is supposed that a display can be modeled. Therefore, what is necessary is just to also let the color charts 1802 displayed on a display be these colors. Next, 1803 is a digital camera, 1804 is an image processing system, and it is the same as the equipment explained to either of the gestalten 1-3 of operation. The image processing system is memorized on ROM of a personal computer, and performs the actuation by CPU on a personal computer.

[0203] First, the category which should be set up is explained as preparation before the system of drawing 18 operates.

[0204] With the gestalt of this operation, the category set up beforehand is set to five, red, blue,

**This Page Blank (uspto)**

green, bright gray, and dark gray. dark gray -- the driving signal (0-255) of a display -- the following (50, 50, 50) gray -- pointing out -- bright gray -- other than this -- \*\* -- it carries out. Drawing 19 is the explanatory view of category setting out in a display.

[0205] And in order to determine the recursion matrix or neural network who uses for presumption by each category, let the photographic subject in the category acquired in the procedure 901 of drawing 9, or the procedure 1001 of drawing 10 be each color at the time of changing two or more color temperatures of a display. If a red category is mentioned as an example and explained, let the photographic subjects used in a procedure 901 or a procedure 1001 be 12 colors which considered the driving signal of a display at the time of making a sequential change of the color temperature setting out of a display to 9500K at every 500K from 4000K as the red maximum luminescence (255, 0, 0). The data of the photographic subject which belongs to a category similarly about other categories are acquired. Based on these data, the procedure of determining a recursion matrix or a neural network is not different from the gestalten 1-3 of operation.

[0206] Next, actuation of the system of drawing 18 is explained.

[0207] A digital camera 1803 photos the color chart 1802 on a display 1801. Since a color chart has more than one, it may photo these at once and may divide them into multiple times. And the picture signal of each obtained color chart 1802 is acquired. An image processing system 1804 is one approach of the gestalten 1-3 of operation, and computes the spectral radiance of each color chart. With the gestalten 1-3 of operation, although the spectral reflectance is computed from the picture signal, in a luminescence body like a display, there is no concept of a reflection factor and the spectral radiance which covered lighting over the spectral reflectance as used in the field of the usual reflective body serves as a component. if spectral radiance is set with  $R'(\lambda)$  --  $R'(\lambda)$  -- the spectral distribution  $S(\lambda)$  of a spectral reflectance  $R(\lambda)$  and lighting -- using (several 24) -- it can express.

[0208]

[Equation 24]

$$R(\lambda) = R(\lambda) \cdot S(\lambda) \quad \dots\dots\dots (24)$$

[0209] (several 24) -- using (several 5) -- if it rewrites (several 25) -- if it becomes and spectral radiance  $R'(\lambda)$  is used instead of a spectral reflectance  $R(\lambda)$  in the gestalten 1-3 of operation, spectral radiance can be obtained in the completely same procedure.

[ therefore, ] It is color data for which spectral radiance does not depend on equipment to a spectral reflectance being color data independent of lighting and equipment.

[0210]

[Equation 25]

$$\begin{cases} R' = \int C_R(\lambda) R(\lambda) d\lambda \\ G' = \int C_G(\lambda) R(\lambda) d\lambda \\ B' = \int C_B(\lambda) R(\lambda) d\lambda \end{cases} \quad \dots\dots\dots (25)$$

[0211] Spectral radiance  $R'(\lambda)$  is presumed using the presumed matrix or neural network in the category into any of the five above-mentioned categories it goes from the picture signal of each color chart judged the image processing system to be, and it was judged to be. The

**This Page Blank (uspto)**



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

obtained spectral radiance is changed into XYZ tristimulus values by (several 26). In (several 26),  $x(\lambda)$ , and  $y(\lambda)$  and  $z(\lambda)$  are color matching functions decided by the standardization engine CIE.

[0212]

[Equation 26]

$$\begin{cases} X = \int x(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \\ Y = \int y(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \\ Z = \int z(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \end{cases} \dots\dots\dots (26)$$

[0213] or the base of the spectral radiance in each category -- since a multiplier is presumed -- XYZ tristimulus values -- not changing -- the base -- XYZ tristimulus values may be directly presumed in recursion procession instead of a multiplier. Thus, it not only presumes a spectral reflectance or spectral radiance, but highly precise presumption of this invention is attained by the approach completely same as XYZ tristimulus values.

[0214] As mentioned above, when according to the gestalt of this operation the photographic subject of the image inputted from a picture input device is considered as a display and it aims at measuring the color temperature of a display, red, blue, green, bright gray, and dark gray set up five kinds of sets of a photographic subject, and a means to presume the spectral radiance which is color data for which it does not depend on equipment for every set is computed. And what the color temperature of a display can be presumed to high degree of accuracy, and a colorimeter substitutes for a digital camera presuming the spectral radiance which is color data for which judge to which photographic subject set each pixel of the image data inputted from the picture input device belongs, choose a presumed means based on a judgment result, and it does not depend on equipment for is made.

[0215]

[Effect of the Invention] According to this invention, the image-processing approach and image processing system which change into high degree of accuracy the color picture data inputted from the picture input device in the color space for which it does not depend on high degree of accuracy at equipment or equipment, and lighting can be offered as mentioned above.

---

[Translation done.]

**This Page Blank (uspto)**